

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

JULIANA DA SILVA PENHA

**ESTIMATIVAS DA BIOMASSA EM CARBONO DO
FITOPLÂNCTON AUTOTRÓFICO DA BACIA DO ESPÍRITO
SANTO POR MEIO DO BIOVOLUME E SUA RELAÇÃO COM OS
VALORES DE CLOROFILA *a***

VITÓRIA - ES

2017

JULIANA DA SILVA PENHA

ESTIMATIVAS DA BIOMASSA EM CARBONO DO FITOPLÂNCTON
AUTOTRÓFICO DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO POR MEIO DO
BIOVOLUME E SUA RELAÇÃO COM OS VALORES DE CLOROFILA *a*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de concentração: Fisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Dias Junior

VITÓRIA-ES

2017

Juliana da Silva Penha

**"Estimativas da biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico
da bacia do Espírito Santo por meio do biovolume e sua relação
com os valores de clorofila a"**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do
Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo,
como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Aprovada em 4 de setembro de 2017.

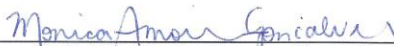
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Camilo Dias Junior (UFES)
Orientador e Presidente da Comissão



Prof.ª. Dr.ª. Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)
Examinadora Interna



Prof.ª. Dr.ª. Monica Amorim Gonçalves (AGERH)
Examinadora externa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por abrir essa porta. Se eu posso crer no amanhã é porque ele vive e temor não há.

Ao programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) e a Universidade Federal do Espírito Santo e toda equipe de professores pela oportunidade em desenvolver esta pesquisa e pela transmissão de conhecimento.

Ao CNPq, agência que forneceu a bolsa de estudos para esta pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Camilo Dias Junior pela confiança depositada a mim para a realização deste estudo, por aceitar a me orientar mesmo sem me conhecer e por acreditar no meu potencial. Agradeço por todo ensinamento dado dentro da sala de aula, nas aulas práticas e no laboratório. O senhor exerce sua profissão com muito amor e dedicação e isso é admirável, essas atitudes são admiradas por muitos alunos e servem de exemplo para muitos.

Aos meus pais e minha irmã, por todo apoio.

Ao meu noivo Luiz, por acreditar em mim, por estar ao meu lado sempre, me apoiando e não deixando eu desistir.

Agradeço a todos amigos do LABFITO, em especial a Georgette, agradeço pelos valiosos ensinamentos, pelos incentivos, por me fazer crescer como pessoa e como profissional, obrigada por colaborar com todo seu conhecimento. Também agradeço pela amizade, pelos constantes apoio emocional e por todo carinho, aos amigos Kássia, Mayara, Roberto, Carol e Juline.

A professor Dr^a Sirlene A. Felisberto (*In Memoriam*), uma pesquisadora que eu me orgulho de ter conhecido e de ter tido a oportunidade de estagiar, sua trajetória de vida é admirável. Obrigada por me introduzir ao mundo da ficologia.

À Prof.^a. Dr^a Valéria de Oliveira Fernandes, obrigada por fazer parte da banca e de contribuir com valiosas sugestões.

À Dr^a Monica Amorim Gonçalves, agradeço por sua disposição e pela contribuição como examinador externo da banca.

À Prof.^a Dr^a. Alessandra Delazari Barroso, por aceitar fazer parte da banca como membro externo suplente.

Ao Prof. Dr. Geraldo Rogério Faustini Cuzzuol, coordenador do PPGBV, por aceitar ser membro interno suplente.

Aos amigos da turma 2015/01. Sem dúvidas vocês marcaram a minha vida em especial ao Josinei, Pamela e Raiane, obrigada por todo apoio emocional e obrigada pela amizade de vocês.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Bacia do Espírito Santo – Brasil, evidenciando os quatros transectos (T1; T2; T3 e T4) e as estações amostradas	28
Figura 2. Contribuição das classes fitoplanctônica da Bacia do Espírito Santo, registradas nos períodos amostrais.....	36
Figura 3. Valores da biomassa em carbono total (pgC. L ⁻¹) ao longo dos quatros transectos	39
Figura 4. Teste de média evidenciando a diferença significativa entre os transectos	40
Figura 5. Classes de algas que apresentaram valores expressivos de biomassa em carbono (pgC.L ⁻¹)	41
Figura 6. Classes de algas que apresentaram valores expressivos de biomassa em carbono (pgC.L ⁻¹)	43
Figura 7. Box-plot para os valores de biomassa (pgC. L ⁻¹). A. biomassa em carbono entre os Períodos.....	44
Figura 8. Análise de regressão linear entre biomassa em carbono (pgC. L ⁻¹) e biovolume (µm ³ . L ⁻¹)	46
Figura 9. Diagrama de dispersão da relação das variáveis biomassa em carbono (pgC. L ⁻¹) e clorofila a (µg/L)	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores de conversão do volume celular ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$) em biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$)	32
Tabela 2: Concentrações máximas (máx.), mínimas (Min.) e medianas (Med.), desvio padrão (D _{Pad} \pm) e coeficiente	34
Tabela 3: Lista das Classes e táxons que apresentaram os maiores valores de biomassa em carbono, nos dois períodos amostrais.....	38
Tabela 4: Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{L}^{-1}$) e clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	47

RESUMO

Este trabalho estimou a biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico baseado no biovolume e verificou a sua relação com a clorofila *a*. Foram realizadas duas campanhas oceanográficas, uma no inverno (julho a agosto de 2013) e outra no verão (março a abril de 2014). Foram amostrados quatro transectos ao longo da costa do estado do Espírito Santo, as estações amostradas dentro de cada transecto foram organizados em oito isóbatas e as amostras foram coletadas em duas profundidades, uma subsuperfície a 1m de profundidade e outra numa segunda profundidade, que estava relacionada ou com o Pico Máximo da Clorofila (PMC) ou a meia distância entre a superfície e o fundo (meia água), isso quando não era possível determinar o PMC. As amostras foram coletadas tanto na região da plataforma continental como na região do talude. As amostras de fitoplâncton foram coletadas utilizando-se a garrafa de Niskin, em seguida foram preservadas com formalina 0,4% e submetidas a sucessivos processos de sedimentação para contagem dos organismos. Foram feitas contagens dos organismos em microscópio invertido em campos aleatórios e efetuadas as análises morfométricas para a avaliação do volume celular, com base na forma geométrica das algas. Para estimar a biomassa em carbono (pgC. cél⁻¹) aplicou-se diferentes fatores de conversão onde o biovolume de uma determinada alga era convertido em biomassa em carbono. Os dados de clorofila *a* desta pesquisa pertencem ao Projeto AMBES e foram obtidos do Banco de Dados de Ambientes Costeiros e Oceânicos. Foi analisada a biomassa em carbono de 332 táxons no inverno e 304 no verão representados pelas Classes Bacillariophyceae, Coccolithophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Fragilariophyceae, entre outras. A relação entre biomassa em carbono e biovolume mostrou ser significativa entre os períodos, entre as profundidades e entre as regiões. A Classe Cyanophyceae apresentou baixo número de espécies, entretanto, apresentou um dos maiores valores de biomassa em carbono, representado principalmente pela cianobactéria do Gênero *Trichodesmium*. Na região da plataforma continental, Coscinodiscophyceae e Cyanophyceae mostraram em termos de biomassa os valores mais elevados, na região do talude e da subsuperfície as Classes Cyanophyceae e Coccolithophyceae e na segunda

profundidade foram Coscinodiscophyceae e Bacillariophyceae. Foi possível observar variação espacial e temporal da biomassa em carbono, sendo os maiores valores registrados no verão, subsuperfície e plataforma continental. A relação entre biomassa em carbono e clorofila *a* mostrou-se significativa, entretanto baixa. Foi possível observar relações significativas entre estes dois métodos de estimativa de biomassa, no entanto, com baixos valores de coeficiente de correlação, no inverno (0,36; r^2 :0,10), na plataforma continental no inverno (0,40; r^2 :0,22) e no talude no verão (0,57; r^2 :0,32). A grande diversidade de técnicas para estimar a biomassa do fitoplâncton na literatura oferece grande variedade no grau de precisão dos dados, e as combinações de técnicas de estimativa de biomassa podem ser a melhor proposta para evitar as limitações dos diferentes métodos. Estimativas da biomassa em carbono por meio do método do biovolume tem se mostrado eficientes e importantíssimas para estudos fisiológicos e ecológicos nos ambientes marinhos.

Palavra-chave: Carbono orgânico. Espírito Santo. Fitoplâncton marinho. Métodos. Variação espacial e temporal.

ABSTRACT

This paper studied the estimation of carbon biomass of autotrophic phytoplankton based on biovolume and verified its relationship with chlorophyll a. Were carried out two oceanographic campaigns, one in winter (July to August 2013) and one in summer (March to April 2014). Were sampled four transects along the Espírito Santo coast, the stations sampled within each transect were organized in eight isobaths the samples were collected at two depths, one subsurface at 1m depth and another at a second depth, which was related or with the Chlorophyll Maximum (PMC) or middle distance between the surface and the bottom (half water), when it was not possible to determine the PMC. The samples were collected both in the continental shelf region and in the slope region. The phytoplankton samples were collected using the Niskin bottle, then preserved with 0.4% formalin and subjected to successive sedimentation processes to count the organisms. The organisms were counted under inverted microscope in random fields and morphometric analysis were carried out to evaluate cell volume, based on the geometric form of algae. To estimate the biomass on carbon (pgC. cell^{-1}) were applied different conversion factors, where the biovolume of a certain algae was converted into carbon biomass. The chlorophyll a data of this research belongs to the AMBES Project and were obtained from the Database of Coastal and Oceanic Environments. Was analyzed biomass in carbon of 332 taxa in winter and 304 in summer represented by the Classes Bacillariophyceae, Coccolithophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Fragilariophyceae Bacillariophyceae, Coccolithophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Fragilariophyceae, among others. The relationship between biomass in carbon and biovolume was significant between periods, between depths and between regions. The Class Cyanophyceae presented low number of species, however, presented one of the highest values in biomass in carbon, represented mainly by the cyanobacterium of the Genus *Trichodesmium*. In the region of the continental shelf, Coscinodiscophyceae and Cyanophyceae showed in highest values biomass terms the, in the slope region and in the subsurface were Cyanophyceae and Coccolithophyceae classes and second depth were Coscinodiscophyceae and Bacillariophyceae. Was possible to observe spatial and temporal variation of the

biomass in carbon, being the highest values recorded in the, subsurface and continental shelf. The relationship between biomass in carbon and chlorophyll a showed to be significant, however low. Was possible to observe significant relationships between these two biomass estimation methods, however, with low values of correlation coefficient in winter (0.36; r^2 : 0.10), on the continental shelf in winter (0.40, r^2 : 0.22) and in the summer slope (0.57; r^2 : 0.32).The great diversity of techniques for estimating phytoplankton biomass in the literature offers a great variety in the degree of accuracy of the data, and the combinations of biomass estimation techniques may be the best proposal to avoid the limitations of the different methods. Estimates of biomass in carbon by means of the biovolume method have proved to be efficient and extremely important for physiological and ecological studies in marine environments.

Keywords: Organic carbon. Espírito Santo. Marine Phytoplankton. Methods. Spatial and temporal variation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. <i>Fitoplâncton: Classificação, Ecologia e Importância</i>	<i>16</i>
2.2. <i>Métodos de estimativas da biomassa</i>	<i>18</i>
2.2.1. <i>Clorofila a.....</i>	<i>18</i>
2.2.2. <i>Biovolume</i>	<i>19</i>
2.2.4. <i>Biomassa em carbono</i>	<i>21</i>
2.5. <i>Biomassa em carbono e sua relação com a clorofila a.</i>	<i>23</i>
3. OBJETIVO GERAL	25
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
5.1. <i>Área de estudo.....</i>	<i>27</i>
5.2. <i>Amostragem e coleta do fitoplâncton</i>	<i>28</i>
5.3. <i>Análise quantitativa em laboratório</i>	<i>30</i>
5.4. <i>Cálculos do Biovolume.....</i>	<i>30</i>
5.5. <i>Cálculos para estimativas de Biomassa em carbono.....</i>	<i>32</i>
5.6. <i>Concentração da Clorofila a.....</i>	<i>32</i>
5.7. <i>Análise estatística</i>	<i>34</i>
6. RESULTADOS	36
7. DISCUSSÃO	50
8. CONCLUSÕES	61
9. RECOMENDAÇÕES	62
10. REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS	79

1. INTRODUÇÃO GERAL

O fitoplâncton é um dos principais responsáveis pelos processos ecológicos marinhos e biogeoquímicos nos oceanos (RODRIGUES et al., 2014). Participam ativamente em diversos ciclos biogeoquímicos de inúmeros elementos, tais como carbono, nitrogênio e fósforo, principalmente através da fixação do carbono e absorção de nutrientes para seu metabolismo durante a produção primária. Participam também da subsequente exportação de matéria orgânica para o oceano profundo (BRIEN et al., 2013).

A descrição temporal e espacial da biomassa fitoplanctônica e da produtividade primária nos oceanos tem sido de grande interesse em estudos há algumas décadas. Isso se dá porque o fitoplâncton marinho é o responsável por aproximadamente 50% da produção primária em quase todos os ecossistemas marinhos, constitui a base da cadeia alimentar e é crucial para a transferência de energia trófica, além de ter papel fundamental na regulação do clima, devido ao sequestro de carbono e na produção de oxigênio (BOYCE et al., 2010). Ocorrendo alterações nesta base das cadeias alimentares, pode-se esperar mudanças em toda biota marinha.

A estrutura da comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas aquáticos marinhos é dinâmica e frequentes mudanças são observadas na composição de espécies e na distribuição espacial e temporal da biomassa (WETZEL; LINKES, 2000). Essas mudanças estão intimamente relacionadas com os fatores bióticos (competição e predação) e com os fatores abióticos, como disponibilidade de nutrientes, salinidade, temperatura e intensidade luminosa. Essas condições, além de influenciarem nas mudanças da composição e biomassa, também são capazes de impulsionar alterações no desenvolvimento, na densidade e na relação de competição entre as espécies (AIDAR et al., 1993; PEDROSA et al., 2006).

Dessa forma, diversos esforços têm sido feitos para o entendimento da comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas aquáticos, entre eles o de estimar a biomassa fitoplanctônica. Diversas técnicas foram desenvolvidas e têm sido

descritas para estimar a biomassa, tais como: teor de massa fresca e seca (WETZEL; LINKES, 2000); sensoriamento remoto (WILSON; QIU, 2008); citometria de fluxo (OLSON et al., 1985); cromatografia de pigmentos (ABAYCHI; RILEY, 1979) e por métodos espectrofotométricos e ou fluorimétricos (ESTEVEZ; SUZUKI, 2011).

Entretanto, a determinação da concentração de clorofila *a* é um dos principais métodos utilizados, pois sua quantificação é relativamente fácil e rápida de ser executada (FELIP; CATALAN, 2000). Apesar disso, esse método não permite a distinção da contribuição de grupos taxonômicos diferentes e não pode ser usado para comparar a contribuição de táxons específicos sob diferentes condições ambientais, já que a clorofila *a* é o pigmento encontrado em todos os organismos fotossintetizantes.

Outro método importante para estimar a biomassa fitoplanctônica é biovolume, baseado em modelos geométricos e na sua conversão em carbono orgânico. Estudos com esse enfoque estão principalmente relacionados com a dinâmica do fitoplâncton no ecossistema (SOURNIA, 1981; HILLEBRAND et al., 1999). Parâmetros ecológicos e fisiológicos referentes ao fitoplâncton no ambiente, tais como ciclo de vida, dinâmica populacional, crescimento, fotossíntese, respiração, assimilação e herbivoria, estão intimamente relacionados com as estimativas da biomassa em carbono por meio do biovolume (POTAPOVA; SNOEIJIS, 1997; HILLEBRAND et al., 1999; SUN; LIU, 2003).

A diversidade de técnicas para estimativas da biomassa fitoplanctônica fornece variados graus de precisão dos dados, podendo não gerar resultados comparáveis (HALLEGRAEFF, 1977). Combinações de técnicas são importantes para maior confiabilidade dos resultados, já que diferentes técnicas não podem ser comparadas sem considerar um grande número de fatores (MENDES et al., 2016).

No Espírito Santo há vários estudos abrangendo a área costeira bem como a área oceânica, do qual podemos citar Tenenbaum (1995), Dias Jr.; Barroso (1998), Dias Jr. e colaboradores (2002), Brandini e colaboradores (2006),

Schaeffer (2007). Porém, pouco se sabe sobre a biomassa em carbono por meio do biovolume dos organismos fitoplanctônicos e sua relação com os valores de clorofila *a*, nas regiões costeiras e oceânicas da Bacia do Espírito Santo. Diante do exposto, observa-se, portanto, a importância do fitoplâncton autotrófico para a Bacia do Espírito Santo, uma vez que essa região vem sendo submetida a diversos impactos antrópicos, causados principalmente pelas atividades petrolíferas, pela falta de tratamento dos resíduos residências e industriais, pelas atividades portuárias e, recentemente, por lama com rejeitos de minérios.

O presente estudo tem como objetivo estimar os valores de biomassa em carbono através do biovolume celular e verificar a relação entre o método de estimativa de biomassa em carbono com o método de estimativa da concentração de clorofila *a*. São escassos os estudos com esse enfoque na Bacia do Espírito Santo e boa parte deles não focaliza as regiões oceânicas. Devido à relevada importância ecológica do fitoplâncton para os ecossistemas aquáticos marinhos, o presente estudo espera contribuir de forma significativa para a gestão e conservação destes ecossistemas e ampliar o conhecimento sobre as espécies fitoplanctônica na região da Bacia do Espírito Santo, assim como relacionar os métodos diferentes métodos de estimativas de biomassa.

Hipóteses

- A biomassa em carbono da comunidade fitoplanctônica autotrófica marinha estimada pelo biovolume apresenta relações significativas com a biomassa estimada pela concentração de clorofila *a*;
- Há variação temporal e espacial (horizontal e vertical) na estrutura da comunidade fitoplanctônica autotrófica marinha em relação à biomassa em carbono e composição taxonômica, apresentando diferença entre plataforma continental e talude, entre a subsuperfície e segunda profundidade, e entre os períodos de inverno e verão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fitoplâncton: Classificação, Ecologia e Importância

O fitoplâncton é um grupo polifilético extremamente variado que constitui diversos grupos de algas. Assim como o termo fitoplâncton, o termo alga não constitui uma categoria taxonômica definida, e sim um agrupamento de organismos com características e históricos evolutivos diferentes, sendo classificadas em reinos distintos. Atualmente, Baudauf (2003) propõe cinco grandes grupos em Eukarya, classificados em: Unicontes (dividido em Opisthontes e Amoebozoa), Archaeplastida, Rhizaria, Chromoalveolados (divididos principalmente em Alveolados e Estramenópilas) e Excavados (dividido em Excavados e Discicristados), sendo os Unicontes os únicos que não apresentam organismos fotossintetizantes, além de incluírem as cianobactérias (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008).

Diferentes grupos de algas compõem a comunidade fitoplanctônica marinha. Dentre elas, podemos destacar as Classes Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Dinophyceae, Haptophyceae e Chrysophyceae (GRAHAM; WILCOX, 2000), sendo as Classes Bacillariophyceae e Dinophyceae as que apresentam a maior riqueza de espécies em ambientes marinhos (BONECKER et al., 2009). As diatomáceas predominam em termos de densidade celular e são responsáveis pela maior produtividade primária nas regiões costeiras e apresentam diminuição gradativa em direção ao oceano aberto, onde a comunidade de dinoflagelados e cocolitoforídeos predomina (BRANDINI; FERNANDES, 1996; FERNANDES; BRANDINI, 2004).

No ambiente aquático marinho o fitoplâncton também representa a base das cadeias alimentares, consequentemente desempenhando papel fundamental na transferência de compostos orgânicos para água, para os sedimentos e para os organismos (STANISZEWSKA et al., 2015), tanto nas regiões neríticas como nas regiões oceânicas ocorre a transferência de compostos orgânicos (AIDAR et al., 1993). A composição da comunidade fitoplanctônica também interfere no ciclo biogeoquímico de diversos elementos, tais como o carbono, o nitrogênio e o fósforo (FALKOWSKI et al., 2004).

Alguns grupos de algas fitoplanctônicas contribuem de forma específica para o meio em que vivem. Muitas cianobactérias são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e disponibilizá-lo na coluna d'água (CAPONE et al., 1997). As diatomáceas se destacam na fixação do carbono em oceanos profundos em razão do peso de suas frústulas de sílicas, que tendem a afundar primeiro que outros grupos de algas (SMETACEK, 1999). Outros grupos de algas são potencialmente tóxicas, como os dinoflagelados e cianobactérias, podendo produzir toxinas que afetam tanto a qualidade da água como os demais níveis tróficos nas cadeias alimentares (ANDERSON et al., 2002).

Os oceanos formam um ecossistema aquático cujos processos químicos, físicos e biológicos interagem entre si, intervindo em toda a comunidade marinha. Os efeitos dessas intervenções também são observados sobre a comunidade fitoplanctônica. Em muitas regiões do mundo, a comunidade fitoplanctônica próximo à costa é considerada mais abundante do que as regiões oceânicas, podendo sustentar cerca de 30% da produtividade oceânica total, embora possa ser extremamente variável (EKAU; KNOPPERS, 1999). Em sistemas costeiros isso deve-se à grande influência de nutrientes provenientes da lixiviação terrestre, juntamente com a estratificação da coluna de água e a redução da salinidade, contribuindo assim para o aumento da densidade numérica de plâncton (BONECKER et al., 2009).

Cerca de 70% do ambiente marinho é composta por regiões oceânicas, as quais conforme Aidar e colaboradores (1993), são consideradas oligotróficas. Por serem distantes das regiões costeiras, essas áreas não recebem insumos suficientes de nutrientes para a produção fitoplanctônica, estando o desenvolvimento dessa comunidade condicionado à ciclagem de nutrientes e aos processos de ressurgência. A turbidez e, conseqüentemente, a luz não seria, portanto, um fator limitante para esses organismos (LEÃO, 2004).

2.2. Métodos de estimativas da biomassa

Fatores abióticos como luminosidade, temperatura, salinidade e nutrientes, são os principais influenciadores das mudanças na composição de espécies e biomassa dos organismos fitoplanctônicos no ambiente marinho. Análises quantitativas dos organismos autotróficos, como a biomassa, são de extrema importância para o entendimento dos fenômenos ecológicos aquáticos (LONGHURST ET AL., 1995).

A estimativa de biomassa é considerada um dos principais métodos de estudo da comunidade fitoplanctônica em estudos ecológicos aquáticos (HARRIS, 1986). Estudá-las nos traz inferências sobre a estrutura e dinâmica dos ecossistemas (GARIBOTTI et al., 2003).

2.2.1. Clorofila a

Um dos principais métodos da estimativa de biomassa fitoplanctônica nos oceanos é por meio do método de concentração de clorofila *a*. Pigmento clorofiliano que ocorre em maior abundância nos organismos fotossintetizantes (WETZEL; LIKENS, 2000). A concentração da clorofila *a* nos organismos fitoplanctônicos é de aproximadamente de 1 a 2% do seu peso seco (BARROSO; LITTLEPAGE, 1998). Sua quantificação é relativamente fácil e rápida de ser executada (FELIPE; CATALAN, 2000). Contudo, é uma técnica pouco precisa, já que existe na água uma variedade de outros resíduos vegetais, além das células fitoplanctônicas.

A estimativa de biomassa pelo método da concentração de clorofila *a*, não permite nenhuma resolução taxonômica, já que a clorofila *a* é o pigmento comum a todos os organismos fotossintetizantes, pode ser limitada pelo volume de água, principalmente em ambientes oligotróficos (BILLINGTON, 1991) e diferentes grupos taxonômicos apresentam uma variabilidade no conteúdo de clorofila *a* (FELIPE; CATALAN, 2000), além de ser um método caro e requerer equipamentos específicos para sua quantificação (JASPIRA, 2002).

Para Barroso e Littlepage (1998), existem três métodos diferentes para a determinação da concentração de clorofila *a* na população fitoplanctônica, são eles: espectrofotometria, fluorimetria e cromatografia líquida de alta performance (HPLC). Entretanto, a fluorimetria é mais sensível do que a espectrofotometria, além de requerer um menor volume de amostra, podendo a determinação ser realizada *in vivo*. Já o método por cromatografia tem sido mais preciso, entretanto não é adequado para análises de rotina.

A determinação de clorofila *a* fitoplanctônica é de grande importância em estudos de dinâmicas dos ecossistemas aquáticos, além de avaliar a distribuição espacial e temporal dessa variável na comunidade fitoplanctônica. Esse método apresenta desvantagem quanto a ser um método de estimativa de biomassa, pois é um método que sofre influência das mudanças ambientais. Diferentes táxons apresentam variabilidade no conteúdo de clorofila e não existe a separação de partículas de detritos do fitoplâncton (MULLIN et al. 1966; WETZEL; LINKES (2000).

2.2.2. Biovolume

O método mais amplamente utilizado para calcular o volume das células do fitoplâncton é o da estimativa do biovolume. Esse método leva em consideração o volume celular dos organismos, onde as medidas deste volume são feitas através de cálculos baseados em modelos geométricos tridimensionais. Em formas geométricas que mais se aproxima da forma da célula, o volume pode ser calculado através de formas geométricas isoladas ou combinadas. Trabalhos como de Edler (1979), Hillebrand e colaboradores (1999), Sun e Liu (2003), Fonseca e colaboradores (2014), e Vadrucci e colaboradores (2007;2013) apresentam os modelos e fórmulas a serem utilizados para vários táxons.

O tamanho do fitoplâncton varia muito entre diferentes gêneros e espécies (DIAS Jr., 1998, SUN; LIU, 2003). Uma única espécie microplanctônica pode representar vários indivíduos picoplanctônicos (FONSECA et al., 2014), e estimar a biomassa através do biovolume celular agrega a mesma importância para as algas com tamanhos diferentes.

De acordo com Hillebrand e colaboradores (1999), os cálculos do biovolume apresentam diversos aspectos positivos, tornando-se uma medida recomendada para estimar a biomassa. Como alta resolução taxonômica, este método tem relativo baixo custo, é fácil de ser aplicado e é restrito a poucas fontes de erros, pois há um controle do pesquisador. A desvantagem é devida à inconsistência no cálculo do biovolume, mas esse erro pode ser reduzido se os modelos geométricos sugeridos forem adotados.

Os estudos sobre volume celular do fitoplâncton tiveram início com Bellinger (1974) e Edler (1979). Esses estudos foram pioneiros em estimar o volume das espécies fitoplanctônicas através da associação da forma das algas com modelos geométricos tridimensionais. Porém, com o decorrer dos anos, foram surgindo diversos trabalhos que contribuíram e atualizaram os cálculos e os modelos geométricos propostos. Trabalhos como de Hillebrand e colaboradores (1999), Sun e Liu (2003), Olenina e colaboradores (2006), Vadrucci e colaboradores (2007; 2013) são referências frequentemente utilizadas por diversos pesquisadores.

Hillebrand e colaboradores (1999) sugerem, como base de comparação, 21 formas geométricas, além de fornecerem as equações a serem utilizadas para o cálculo do volume celular e superfície de área para mais de 850 espécies de algas marinhas e de água doce pelágicas e bentônicas.

Sun e Liu (2003) propõem um conjunto de 31 modelos geométricos para o cálculo do volume celular e área de superfície para 284 gêneros de fitoplâncton em águas do Mar da China. Os autores ainda discutem sobre as reduções dos erros e esforços nos microscópios.

Olenina e colaboradores (2006) utilizaram 16 formas geométricas para a determinação do volume das células em estudos feitos no Mar Báltico. Para eles, não é possível classificar a forma geométrica de todas as espécies de fitoplâncton nas poucas formas geométricas utilizadas e o objetivo foi encontrar formas que exigissem o menor número possível de medições, mas que ao

mesmo tempo refletisse a forma do organismo. Além disso, os autores utilizaram formas e equações básicas recomendadas por Edler (1979) e também apresentaram novos nomes para as formas geométricas.

Vadrucci e colaboradores (2007) concluíram que a falta de um conjunto padronizado de formas geométricas e equações para o cálculo do volume celular causa dificuldades e produção de dados que não são comparáveis. Os autores sugerem 23 formas geométricas para determinação do volume celular de 201 gêneros. Esses gêneros foram divididos em 8 grupos. Grupo 1: Bacillariophyceae; grupo 2: Chlorophyceae + Prasinophyceae + Prymnesiophyceae; grupo 3: Chrysophyceae + Dictyochophyceae + Haptophyceae; grupo 4: Cryptophyceae + Coanoflagellates + Kinetoplastides; grupo 5: Cyanophyceae; grupo 6: Dinophyceae; grupo 7: Euglenophyceae e grupo 8: Xantophyceae. Em outro estudo feito em ecossistemas aquáticos de transição mediterrânicos, Vadrucci e colaboradores (2013) recomendaram um conjunto de 22 formas geométricas para os cálculos dos volumes celulares e área superficial de 235 gêneros fitoplanctônicos decorrentes da análise de 869 espécies de fitoplâncton. As equações foram sugeridas para minimizar os esforços de medições no microscópio. Além disso, os autores discutem sobre as semelhanças e diferenças entre os modelos geométricos propostos em artigos publicados anteriormente.

2.2.4. Biomassa em carbono

O principal componente estrutural dos organismos fitoplanctônicos é o carbono (MENDEN-DEUR; LESSARD, 2000). Estimativas da biomassa em carbono são muito utilizadas para entendimento da comunidade e conhecimento da energia transferida na cadeia trófica e tornaram um dos principais métodos em estudos sobre biomassa em ecossistemas aquáticos (GOSSELAIN et al., 2000). Porém, a medição direta do conteúdo de carbono do fitoplâncton não é possível em ambientes naturais devido principalmente à presença de outros organismos, detritos e matéria orgânica dissolvida (THORNTON, 2012). A partir dos cálculos do volume celular embasados nas formas geométricas, é possível estimar com

segurança a biomassa em carbono do fitoplâncton, por meio de equações de conversão propostas para diferentes táxons e tamanho.

Mullin e colaboradores (1966) observaram, por meio de experimento, uma variação semelhante entre o carbono celular e o volume da célula, e concluíram que o carbono celular varia de forma previsível com o volume celular. Entretanto de forma diferente, é observado para as diatomáceas (JASPIRA, 2002), uma vez que apresentam grandes vacúolos, podendo apresentar menos carbono por volume do que outros organismos fitoplanctônicos de tamanho semelhante (STRATHMANN, 1967).

Para estimar o carbono orgânico do fitoplâncton a partir do volume celular são necessários fatores de conversão, e diversos trabalhos determinam essas equações para grupos e tamanhos diferentes. Na literatura, podemos encontrar vários fatores de conversão para o cálculo da biomassa em carbono. Dentre as obras estão as de Mullin e colaboradores (1966), de Strathmann (1967), Eppley e colaboradores (1971), Verity e colaboradores (1992), Montagne e colaboradores (1994), Menden-Deuer e Lessard (2000), Montagnes e Franklin (2001), e de Carpenter e colaboradores (2004). Os trabalhos de Verity e colaboradores (1992), e Carpenter e colaboradores (2004) discutem os fatores de conversão para a Classe Cyanophyceae. Os trabalhos de Strathmann (1967) e Cornet- Barthaux e colaboradores (2007) evidenciam os fatores de conversão para as diatomáceas, e o de Munir e colaboradores (2015) destaca os fatores de conversão para biomassa em carbono dos dinoflagelados.

A relação entre os valores do biovolume e a biomassa em carbono do fitoplâncton tem mostrado uma relação positiva e significativa em diversos estudos. É o que pode-se verificar em trabalhos como de Cornet-Barthaux e colaboradores (2007), Naz e colaboradores (2013), e de Munir e colaboradores (2015), evidenciando que essas variáveis estão intimamente relacionadas.

A relação entre o carbono celular e o biovolume foram estabelecidas na literatura por diversos autores. O trabalho de Mullin e colaboradores (1966) foi um dos precursores sobre o tema. Os autores demonstraram a relação entre o carbono

celular e o volume celular a partir de estimativas de amostras de fitoplâncton preservadas. Eles determinaram que o teor de carbono por μm^3 do volume da célula de fitoplâncton varia inversamente com relação ao volume celular. Foi a partir dessa relação que foi estabelecida uma equação para estimar o carbono orgânico do fitoplâncton. Além disso, concluíram que o volume celular proporcionou uma melhor estimativa de carbono celular do que a superfície celular. Posteriormente, outros trabalhos surgiram, tais como de Strathmann (1967), seguido por Eppley e colaboradores (1971). Nestes trabalhos, os autores estenderam as observações de Mullin e colaboradores (1966) e fizeram algumas modificações nas constantes utilizadas.

Estimar a biomassa em carbono por meio do método do biovolume é uma maneira de obter informações específicas para cada táxon, agregar a mesma importância para algas com tamanhos diferentes e, ainda que esse método demande um certo tempo do pesquisador, é um método relativamente de baixo custo.

2.5. Biomassa em carbono e sua relação com a clorofila a.

A relação entre os diferentes métodos de estimativa de biomassa fitoplanctônica nos ecossistemas aquáticos tem sido discutido por diversos autores e grande parte desses estudos evidenciam os trabalhos realizados em laboratórios. Poucos deles focam em estudos no próprio ambiente e, principalmente, nos ambientes marinhos.

Trabalhos como de Descy e Mérens (1996) destacam o alto coeficiente de correlação entre a biomassa em carbono e clorofila *a* total (r^2 : 0,82), entre a biomassa em carbono das diatomáceas e fucoxantina (r^2 : 0,74), e entre a biomassa em carbono das algas verdes e luteína (r^2 : 0,87). No entanto, os autores não encontraram relação significativa para a biomassa das cianobactérias e criptomonas e seus pigmentos específicos. Em conclusão, eles confirmam que pigmentos específicos são bons marcadores quantitativos do fitoplâncton, porém quando a abundância de um certo grupo é menor, essa relação é inexistente.

Schlüter e Havskum (1997) realizaram seus estudos em um mesocosmo, realizando análises de vários pigmentos e identificação da composição do fitoplâncton por meio de HPLC (cromatografia líquida de alta performance) e microscopia, além de realizarem medições do volume celular para estimar o carbono dos diferentes grupos de algas planctônicas, entretanto os pesquisadores verificaram a relação apenas entre biomassa em carbono e clorofila *a*. Os autores encontraram relação significativa entre a biomassa em carbono e clorofila *a* (r^2 : 0,75). Sugerem ainda, em sua pesquisa, que os pigmentos analisados podem ser utilizados como indicadores qualitativos e quantitativos dos respectivos grupos de fitoplâncton.

Marinho e Rodrigues (2003) detectaram variação sazonal da biomassa da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico tropical. Os pigmentos foram avaliados por meio da análise de HPLC e os dados de pigmentos foram comparados com a biomassa em carbono estimada a partir da análise de microscópio (biovolume). O coeficiente de correlação mostrou-se significativo entre a clorofila *a* total e a biomassa em carbono total (r : 0,96), porém, não foi observada correlação entre Dinophyceae e peridinina (r : 0,31), entre Chlorophyceae e luteína (r : 0,23) e entre Cyanobacteria e zeaxantina (r : 0,10).

Lamentavelmente, as diferentes técnicas analíticas não produzem necessariamente resultados comparáveis, e muitas vezes esses métodos não se correlacionam. O teor de carbono indicaria o conteúdo energético da biomassa e a clorofila *a* refletiria o potencial fotossintético. Algumas dificuldades são apontadas na correlação entre a clorofila *a* e os dados de biovolume e biomassa em carbono, devido principalmente à variação nos teores de clorofila *a* nas células.

A maioria dos estudos já realizados no Brasil com fitoplâncton marinho, enfatizam as suas relações ecológicas, as condições abióticas, avaliação da produtividade primária, composição taxonômica e biomassa. A maioria dos estudos concentra-se nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Pernambuco e outras localidades do nordeste e norte do Brasil.

Dentre eles, pode-se citar os trabalhos de Brandini e Moraes (1986), Brandini (1988; 1990), Ciotti e colaboradores (1994), Teixeira e Gaeta, (1991), Aidar e colaboradores (1993), Gaeta e colaboradores (1999), Ferreira e colaboradores (2010), Fernandes e Brandini (2004), Pedrosa e colaboradores (2006), Moser e colaboradores (2014), Takanohashi e colaboradores (2015), e de Carvalho e colaboradores (2016). No estado do Espírito Santo, recentes pesquisas, como de Lubiana e Junior (2016), relatam a biodiversidade de espécies de fitoplâncton e os novos registros de micro e mesofitoplâncton na cadeia submarina Vitória – Trindade. Para os autores, há ainda uma grande lacuna no conhecimento da biodiversidade do fitoplâncton no Brasil e no Espírito Santo.

Entretanto, no Brasil e no Espírito Santo os trabalhos que estimam a biomassa em carbono por meio do biovolume são escassos. Destaca-se, recentemente, a contribuição de Ribeiro-Queiroz e colaboradores (2014) que estudaram o arquipélago de São Pedro e São Paulo, área que pertence ao Estado de Pernambuco, porém, apenas a comunidade de microfitoplâncton foi estudada.

Boa parte dos estudos realizados na Bacia do Espírito Santo não enfocam as regiões oceânicas e os diferentes métodos de estimativas de biomassa. O enfoque é ainda em relação às estimativas da biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico marinho através do biovolume celular e sua relação com os valores de clorofila *a*, das regiões costeira e oceânica da Bacia do Espírito Santo.

3. OBJETIVO GERAL

Estimar a biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico por meio do biovolume e relacioná-las com a concentração de clorofila *a* na bacia do Espírito Santo bem como avaliar a distribuição espacial e temporal da biomassa em carbono ao longo dessa bacia.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar o biovolume das células do fitoplâncton autotrófico marinho baseado em formas geométricas e converter para biomassa em carbono (pgC. cél⁻¹);
- Relacionar o biovolume e a biomassa em carbono nos períodos amostrais (inverno e verão), entre as profundidades (subsuperfície e segunda profundidade) e entre as regiões (plataforma continental e talude);
- Verificar a biomassa em carbono ao longo da Bacia do Espírito Santo, entre os períodos amostrais, entre as profundidades e entre as regiões e avaliar a ocorrência da distribuição temporal e espacial.
- Verificar a relação entre os métodos de estimativa de biomassa, clorofila *a* e biomassa em carbono entre os períodos amostrais, entre as profundidades e entre as regiões;

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Área de estudo

A bacia do Espírito Santo situa-se na margem continental leste do Brasil, limita-se ao norte pela Bacia de Mucuri, no Estado da Bahia, e ao sul com a Bacia de Campos, no Estado do Rio de Janeiro, e está localizada no oceano atlântico tropical entre as coordenadas 20° 19' 10" S e 40° 20' 16" W (figura 1).

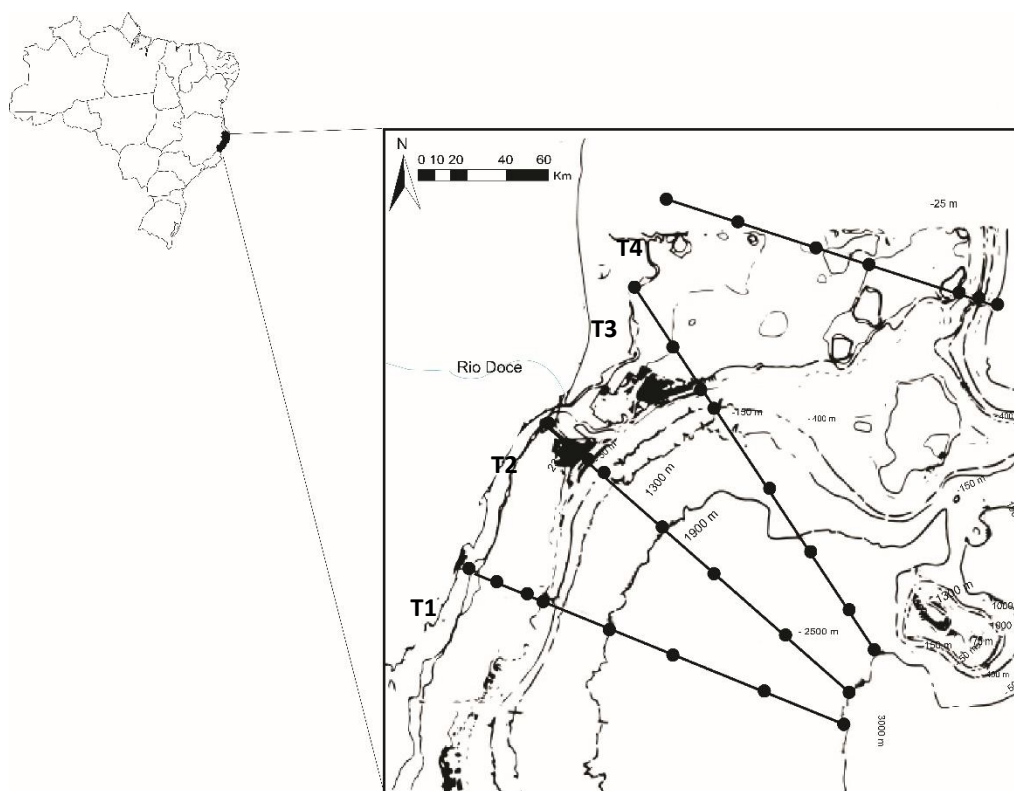


Figura 1. Localização da Bacia do Espírito Santo – Brasil, evidenciando os quatros transectos (T1; T2; T3 e T4) e as estações amostradas.

O clima predominante no estado do Espírito Santo é tropical úmido. A região encontra-se em zona caracterizada por chuvas tropicais de verão e apresenta estação seca durante o outono e inverno. A temperatura média anual é de 22°C, ficando a média das máximas entre 28° e 30°C e mínima em torno de 15°C (ALBINO et al., 2006).

A bacia do Espírito Santo é dominada pela Água Tropical da Corrente do Brasil, região com águas oligotróficas, com temperatura acima de 20°C e com

salinidade acima de 36 (FERNANDES; BRANDINI, 1999). Outra característica da região é de estudo é a influência da bacia hidrográfica do rio Doce, cuja área de 83.400 km² (CUPOLILLO et al., 2008). A desembocadura do rio Doce influencia continuamente a região da plataforma continental, região sudoeste do Estado do Espírito Santo, devido às vazões máximas entre novembro - abril e vazões mínimas entre maio - outubro (ZOFFOLI et al., 2011).

Na plataforma continental da Bacia do Espírito Santo se reconhecem dois compartimentos fisiográficos: a Bahia Sul - Espírito Santo, que se estende de Belmonte (BA) a Regência (ES), e apresenta uma plataforma com largura média de 230 km; e o Embaíamento de Tubarão, que se inicia em Regência e estende-se até Itapemirim (ES), apresentando uma plataforma com média em torno de 50 km e mínima de 40 km próximo a Santa Cruz e de 45 km ao norte de Vitória (ASMUS et al., 1971; ALBINO et al., 2006). Já a região do Talude, que é vista como a região de quebra da plataforma continental, geralmente inicia-se nos 200 m até 2.000 m de profundidade (GAGE; TYLER, 1991). Essa região é geralmente vista como uma zona de transição entre a plataforma e as zonas abissais.

5.2. Amostragem e coleta do fitoplâncton

Para a coleta do material fitoplancônico, foram realizadas duas campanhas oceanográficas, uma no período seco, denominado inverno (julho a agosto de 2013) e outra no período chuvoso, denominado verão (março a abril de 2014). Foram amostrados quatro transectos, de forma que abrangesse todo o litoral do Espírito Santo (fig. 1). As estações amostradas em cada transecto foram traçadas em oito isóbatas de 25, 50, 75, 150, 400, 1.000, 1.900 e 3.000 m, totalizando 32 estações amostrais. As amostras foram coletadas em duas profundidades: subsuperfície (a 1m de profundidade) e segunda profundidade, que estava relacionada ou com o pico máximo da clorofila (PMC) ou a meia distância entre a superfície e o fundo (meia água), isso quando não era possível determinar a PMC. Para determinação da PMC, foi utilizado um sensor de fluorescência acoplado ao sistema CTD (Conductivity, Temperature and Depth), o CTD é um instrumento oceanográfico que possui diversos sensores e equipamentos de coleta acoplados ao seu sistema.

Em campo, as amostras para análise qualitativas do nano e microfitoplâncton, foram obtidas através de arrasto verticais, utilizando-se uma rede do tipo cilíndrico-cônica de 20 μ m de malha e 30 cm de diâmetro de boca em cada estação de amostragem. Ao atingir a profundidade (PMC), iniciava-se o arrasto vertical em direção à superfície. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em dois tipos de frascos: frasco cilíndrico âmbar de 150 mL com solução de lugol neutro e frasco de 250 mL de polietileno com batoque e solução de formaldeído tamponado com hexametilenotetramina, de modo a atingir concentração final de 2%.

Para a coleta do material biológico para análise quantitativa, utilizou-se a garrafa de Niskin sem nenhuma filtração *in situ*, onde foram coletados 4 litros de água do mar, acondicionados em dois frascos de polipropileno de 2 litros. Em seguida, as amostras foram fixadas em solução de formaldeído tamponado com hexametilenotetramina até atingir uma concentração final de 0,4%. As amostras foram armazenadas em temperatura ambiente e protegidas da luz com sacolas pretas. As amostras foram submetidas a sedimentações sucessivas em um dos laboratórios da Base Oceanográfica da UFES. Após o período de mais ou menos uma semana, o sobrenadante de cada frasco era descartado através da sucção com uso de bomba de vácuo, a fim de reduzir o volume (4L) até que se chegasse ao volume de 250 mL. Este volume foi homogeneizado e transferido para frascos de polietileno (250 mL) com batoque. Vale ressaltar que, em nenhum momento ocorreu filtração do material.

Esse material de 250 mL foi encaminhado ao Laboratório de Fitoplâncton (LabFito) na UFES, onde todo o volume das amostras foi novamente sedimentado, dessa vez em provetas de vidro por um período de no mínimo 3 a 5 dias, seguido da retirada do sobrenadante até o volume de 50 mL, os quais foram transferidos para câmaras de sedimentação de 50 mL até no mínimo 48 horas, segundo metodologia de Uthermöhl (1958). Em todos os processos de sedimentação foi utilizado o critério de Sournia (1978), que prevê um tempo mínimo de 4 horas de sedimentação para cada 1 cm de altura da coluna de água.

5.3. Análise quantitativa em laboratório

A contagem dos organismos foi realizada em microscópio invertido, em campos aleatórios (UEHLINGER, 1964), com uma contagem de 25 campos aleatórios para cada amostra. Adotou-se as recomendações de Lund e colaboradores (1958), os quais sugerem a contagem de, no mínimo, 100 indivíduos da espécie predominante, visando assim obter maior confiabilidade dos dados. Entretanto, caso a espécie mais abundante atingisse o valor de 100 indivíduos em menos de 25 campos, necessitaria a contagem de 400 indivíduos desta mesma espécie, com a intenção de se obter maior confiabilidade dos dados.

A densidade numérica do fitoplâncton foi calculada aplicando a fórmula modificada de Wetzel e Likens (2000), conforme a equação abaixo, e foram expressas em (organismos L⁻¹).

$$N = n \times \frac{A}{a} \times \frac{1}{V}$$

Onde, **N**: número de células/ L; **n**: número de células contadas; **a**: área contada (número de campos x área do campo); **A**: Área total da câmara; **V**: volume total sedimentado.

A unidade de contagem foi a célula, independente de formas em cadeias ou coloniais. Para as algas do gênero *Trichodesmium* foram obtidas as medidas celulares e do filamento (quando possível) e realizou-se divisão do filamento pela altura celular para obter um número aproximado de células.

5.4. Cálculos do Biovolume

Concomitante às contagens dos organismos, foram efetuadas as análises morfométricas para a avaliação do volume celular. Os espécimes encontrados durante a contagem tiveram registro fotográfico por meio de câmera digital USB acoplada ao microscópio invertido, o que deu subsídio ao cálculo do volume celular. Os organismos foram fotografados em diversas vistas (lateral, apical, dorsal e ventral), incluindo imagens em terceira dimensão. Cada dimensão foi fotografada e medida. As medidas das dimensões lineares (comprimento, altura, diâmetro e largura) foram feitas de acordo com a forma geométrica a qual a alga se assemelha.

Caso a alga estivesse numa posição fixa na lâmina, utilizou-se um objeto tipo agulha para tocar suavemente a lamínula, permitindo a movimentação da célula, sendo assim possível a captura da imagem de uma outra vista do organismo. Quando não era possível obter essa medida, foi utilizada a de trabalhos taxonômicos referentes à espécie. Muitas das medidas foram feitas sobre as fotografias utilizando uma régua manual do programa. Os dados em cm foram convertidos em μm , de acordo com a objetiva em que a alga foi fotografada no microscópio.

O biovolume fitoplanctônico foi estimado a partir dos volumes celulares dos indivíduos encontrados. Esse método leva em consideração o tamanho dos organismos e os cálculos das medidas feitas através de cálculos baseados em modelos geométricos tridimensionais, de acordo com o formato dos organismos, conforme metodologias propostas por Edler (1979), Hillebrand e colaboradores (1999), Wetzel e Likens (2000), Sun e Liu (2003), Olenina e colaboradores (2006) e de Vadrucci e colaboradores (2007; 2013). Então, a partir das medidas lineares (μm^3) foi calculado o volume celular fitoplanctônico.

As formas geométricas utilizadas neste trabalho seguiram as propostas dos trabalhos de Hillebrand e colaboradores (1999), de Sun e Liu (2003), Olenina e colaboradores (2006), Vadrucci e colaboradores (2007; 2013), Leblanc e colaboradores (2012), e de Fonseca e colaboradores (2014). Neste trabalho, apenas os organismos autotróficos foram estudados, e foram utilizadas as

biomassas em carbono tanto do nanofitoplâncton (2 a 19 μm) quanto do microfitoplâncton ($>20 \mu\text{m}$).

A identificação taxonômica da comunidade fitoplanctônica da Bacia do Espírito Santo foi realizada através de bibliografias especializadas (TOMAS 1997; BALECH, 1988; TENENBAUM, 2006; TENENBAUM e colaboradores, 2007). Para consulta de nomenclaturas mais recentes foi utilizado o banco de dados do AlgaeBase.

5.5. Cálculos para estimativas de Biomassa em carbono

Para estimar o conteúdo de carbono celular (biomassa em carbono) aplicou-se diferentes fatores de conversão. O fator de conversão foi determinado de acordo com o grupo taxonômico e o tamanho do organismo (Tabela 1). O volume celular da alga em $\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$ e biomassa em carbono $\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$; entretanto, os valores de biomassa em carbono utilizados foram em picogramas de carbono por litro ($\text{pgC} \cdot \text{L}^{-1}$).

Tabela 1: Fatores de conversão do volume celular ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$) em biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$), equações utilizadas e principais referências bibliográficas, v: volume celular

Grupo taxonômico/ Tamanho do organismo	Fator de conversão	Literatura
Diatomáceas	$0,32 * V^{0,87}$	(Montagnes; Franklim, 2001)
Microfitoplanctônicos	$0,216 * V^{0,939}$	(Menden-Dauer; Lessard, 2000)
Nanofitoplanctônicos	$0,433 * V^{0,863}$	(Verity, 1992)
Cianofíceas morfotipos <i>Trichodesmium</i>	$0,424 * V$	(Carpenter et al., 2004)

5.6. Concentração da Clorofila a

As amostras de água para as análises de clorofila *a* também foram coletadas na subsuperfície e/ou na PMC ou meio água. Foram coletados 6 Litros de água, os quais foram imediatamente filtrados sob vácuo suave, através de filtros com porosidade de cerca de 0,7 μm (GF/F, 25mm de diâmetro). Os filtros foram armazenados em nitrogênio líquido onde permaneceram até o momento da extração e análise por HPLC. A extração com solvente, assistida por ultrassom, foi feita segundo o método de Wright e Jeffrey (1997), e a análise de HPLC, de acordo com Van Heukelem e colaboradores (2001).

Deve-se ressaltar que esses resultados foram obtidos pelos procedimentos analíticos realizados no laboratório de pesquisa da Prof.^a Dr.^a Silvana Vianna Rodrigues, do Departamento de Química Analítica, Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense, no Rio de Janeiro. A referida pesquisadora e sua equipe fazem parte do Projeto de Caracterização Ambiental da Bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos (AMBES), no qual este estudo está inserido.

Assim sendo, os dados utilizados de clorofila *a* desta pesquisa pertencem ao Projeto AMBES e foram extraídos do Banco de Dados de Ambientes Costeiros e Oceânicos (BDCO) e dos relatórios técnicos de embarque do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), da empresa Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras). Dessas fontes de pesquisa, foram extraídos os dados de clorofila *a* que são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Concentrações máximas (máx.), mínimas (Min.), medianas (Med.), média (Méd.), desvio padrão (D_{Pad} \pm) e coeficiente de variação (CV) da concentração de Clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$)

registrados no período de inverno e verão na região da plataforma continental e na região do Talude, em ambas as profundidades (subsuperfície e 2ª profundidade).

Concentração do pigmento		Plataforma 1M	Plataforma 2ª profundidade	Talude 1M	Talude 2ª profundidade
Clorofila a Inverno	Máx.	0,81	0,77	0,23	0,58
	Min.	0,15	0,22	0,08	0,11
	Medi.	0,38	0,50	0,14	0,27
	Méd.	0,44	0,49	0,15	0,27
	DPad (±)	0,22	0,14	0,04	0,13
	CV (%)	0,49	0,30	0,26	0,48
Clorofila a Verão	Máx.	1,52	1,28	0,27	0,82
	Min.	0,10	0,14	0,09	0,29
	Medi.	0,18	0,48	0,14	0,36
	Méd.	0,33	0,49	0,15	0,43
	DPad (±)	0,38	0,30	0,04	0,16
	CV (%)	1,15	0,60	0,26	0,38

5.7. Análise estatística

Os dados obtidos neste estudo foram, inicialmente, submetidos à estatística descritiva no MICROSOFT EXCEL 2010. Foram feitas análises para verificar diferenças nos atributos (Biomassa em carbono) entre os períodos (inverno x verão), entre as profundidades (subsuperfície e segunda profundidade) e entre as regiões (plataforma continental e talude).

Para a análise inferencial, primeiramente verificou-se a distribuição dos dados quanto à distribuição normal, por meio do teste de *Shapiro-Wilk*, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Uma vez que esses dados não apresentaram

distribuição normal, foram utilizados testes não paramétricos. Para comparar diferenças significativas entre os transectos nos dois períodos amostrais, usou-se o teste de *Kruskal wallis* e teste de média. O teste *Mann-Whitney* (Teste U) foi utilizado para verificar se havia diferença nos valores de biomassa em carbono entre os períodos, entre as profundidades e entre as regiões, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Para determinar a relação entre biovolume ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) e biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{L}^{-1}$) entre os períodos, entre as profundidades e entre as regiões, foi aplicada análise de Regressão, ao nível de significância de 0,05%, os dados foram logaritmicamente transformados.

Para verificar a relação entre biomassa em carbono e clorofila *a*, foi feito testes de correlação linear, onde foi verificado o grau de relação entre biomassa em carbono e Clorofila *a*, utilizando o teste de *correlação de Spearman*, foi também realizada *análise de Regressão linear* para verificar a relação entre biomassa em carbono e clorofila *a*. Os dados foram logaritmicamente transformados.

6. RESULTADOS

Foi analisada, a biomassa em carbono (pgC. cel^{-1}) de 332 táxons no inverno e 304 no verão. As espécies fitoplanctônicas da área de estudo apresentaram diferentes formas geométricas, representadas por 24 formas geométricas no inverno e 23 no verão, para diferentes táxons. Os anexos 1 e 2 listam o volume celular ($\mu\text{m}^3. \text{cél}^{-1}$) e biomassa em carbono (pgC. cél^{-1}) dos táxons, identificados ao nível mínimo de gênero.

Na figura 2 está a contribuição das classes fitoplanctônicas em ambos os períodos amostrais. É possível observar que as Classes Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Dinophyceae apresentaram valores expressivos nos números de táxons: Coscinodiscophyceae, com 20% no inverno representado por 65 táxons e com 11% no verão, evidenciado por 32 táxons; Classe Bacillariophyceae com 17% no inverno, representado por 56 táxons e 15% no verão, evidenciado por 47 táxons; seguido pela Classe Dinophyceae, com 16% no inverno, representados por 52 táxons e 16% no verão, representado por 48 táxons.

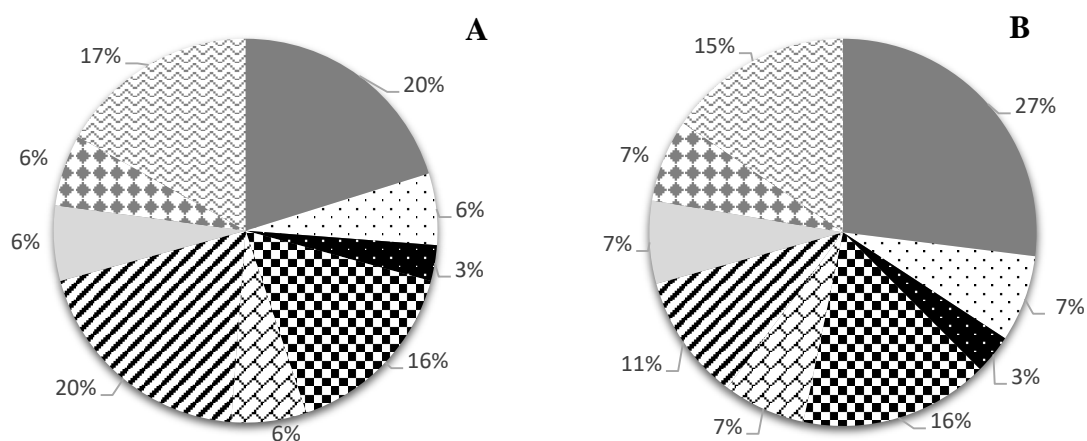


Figura 2: Contribuição das classes fitoplanctônica da Bacia do Espírito Santo, registradas nos períodos amostrais (A) inverno e (B) verão: ■ Outros; ▨ Fragilariophyceae; ■ Euglenophyceae; ▩ Dinophyceae; ▨ Cyanophyceae; ▨ Coscinodiscophyceae; ▨ Coccolithophyceae; ▨ Chlorophyceae; ▨ Bacillariophyceae.

Os demais grupos contribuíram com menos de 10% para o número de táxons totais e, por isso, não tiveram seu destaque na porcentagem, sendo agrupadas como Outras. Estão inclusos os grupos de algas Chlorodendrophyceae, Cryptophyceae, Dictyochophyceae, Mamiellophyceae, Nephrophyceae, Pedinophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae, Raphidophyceae, Synurophyceae, Trebouxiophyceae, algas da Divisão Nanochlorophyta e Ochrophyta, da Ordem Noctiluacea e o agrupamento de algas que não foram identificadas chamado de Fitoflagelados.

A partir dos cálculos de biovolume celular ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$) das espécies encontradas na bacia do Espírito Santo, foram aplicados os cálculos de conversão para biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$). Os grupos de algas que apresentaram o maior número de espécies também foram os que obtiveram os maiores valores de biomassa em carbono. Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Dinophyceae foram os grupos que obtiveram o maior número de espécies e a composição taxonômica mostrou variação entre os dois períodos amostrais. Na tabela 3 estão representadas as espécies que contribuíram com os maiores valores de biomassa em carbono nos dois períodos amostrais.

A figura 3 evidencia as variações que ocorreram nos valores de biomassa em carbono na subsuperfície e segunda profundidade dos quatro transectos (T1-T4) nos dois períodos amostrais (inverno e verão). Ao longo do transecto T1 é possível observar que ocorreu pouca variação dos valores de biomassa em carbono. Entretanto, é possível observar que a estação T1E1 foi a que apresentou os maiores valores de biomassa em carbono ao longo do transecto, na segunda profundidade no inverno. Nesta estação, as algas fitoplanctônicas *Pseudoguinarthia cf. recta* von Stosch, *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg e *Odontella mobiliensis* (J.W.Bailey) Grunow foram as espécies que apresentaram valores expressivos de biomassa em carbono.

No transecto T2, localizado próximo à desembocadura do rio Doce, os valores de biomassa em carbono apresentaram uma tendência de maiores valores na subsuperfície em ambos períodos amostrais, principalmente na região da plataforma continental. No verão, os maiores valores de biomassa foram

observados na região do talude, destacando-se a estação T2E8. No transecto T3, houve uma tendência dos maiores valores de biomassa em carbono ocorrerem na subsuperfície no verão. Já no transecto T4, é possível observar que a região do talude apresentou valores elevados na subsuperfície no verão (Figura 3).

Tabela 3: Lista das Classes e táxons que apresentaram os maiores valores de biomassa em carbono, nos dois períodos amostrais.

Classe	Espécie	Carbono (pgC. cél ⁻¹)	Carbono (pgC. L ⁻¹)
INVERNO			
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> sp1	2885,17	6,9 x10 ⁶
	<i>Psammodictyon</i> sp1	4230,46	6,9 x10 ⁶
	Diatomácea 3 penata vista lateral	737,8	2,9 x10 ⁶
	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	592,61	2,5 x10 ⁶
Coscinodiscophyceae	<i>Pseudoguinaridia</i> cf <i>recta</i>	1399,02	1,2 x10 ⁸
	<i>Coscinodiscus centralis</i>	22043,68	2,7 x10 ⁷
	<i>Thalassiosira</i> sp3	1695,15	1,4 x10 ⁷
	<i>Pyrophacus</i> sp.	627873,70	1,3 x10 ⁷
Dinophyceae	<i>Odontella mobiliensis</i>	4698,63	9,5 x10 ⁶
	Dinophyceae 3 Morfotipo		
	<i>Prorocentrum</i>	1793,07	3,6 x10 ⁶
	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) F. Gómez, D.Moreira& P. López-Garcia	23463,89	1,7 x10 ⁶
VERÃO			
Bacillariophyceae	<i>Psammodictyon</i> sp2	2541,49	5,4 x10 ⁶
	<i>Pleuro/Gyrosigma</i> 1	1375,15	4,2 x10 ⁶
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp7	684,169	2,6 x10 ⁶
	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström	84119,6	1,9 x10 ⁶
	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	4362,72	4,0 x10 ⁶
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp1	3038,95	7,1 x10 ⁶
	<i>Gymnodinium coeruleum</i> Dogiel	46602,5	2,1x10 ⁶
	<i>Gymnodinium</i> cf <i>sanguineum</i> K. Hirasaka	10929,2	2,1x10 ⁶

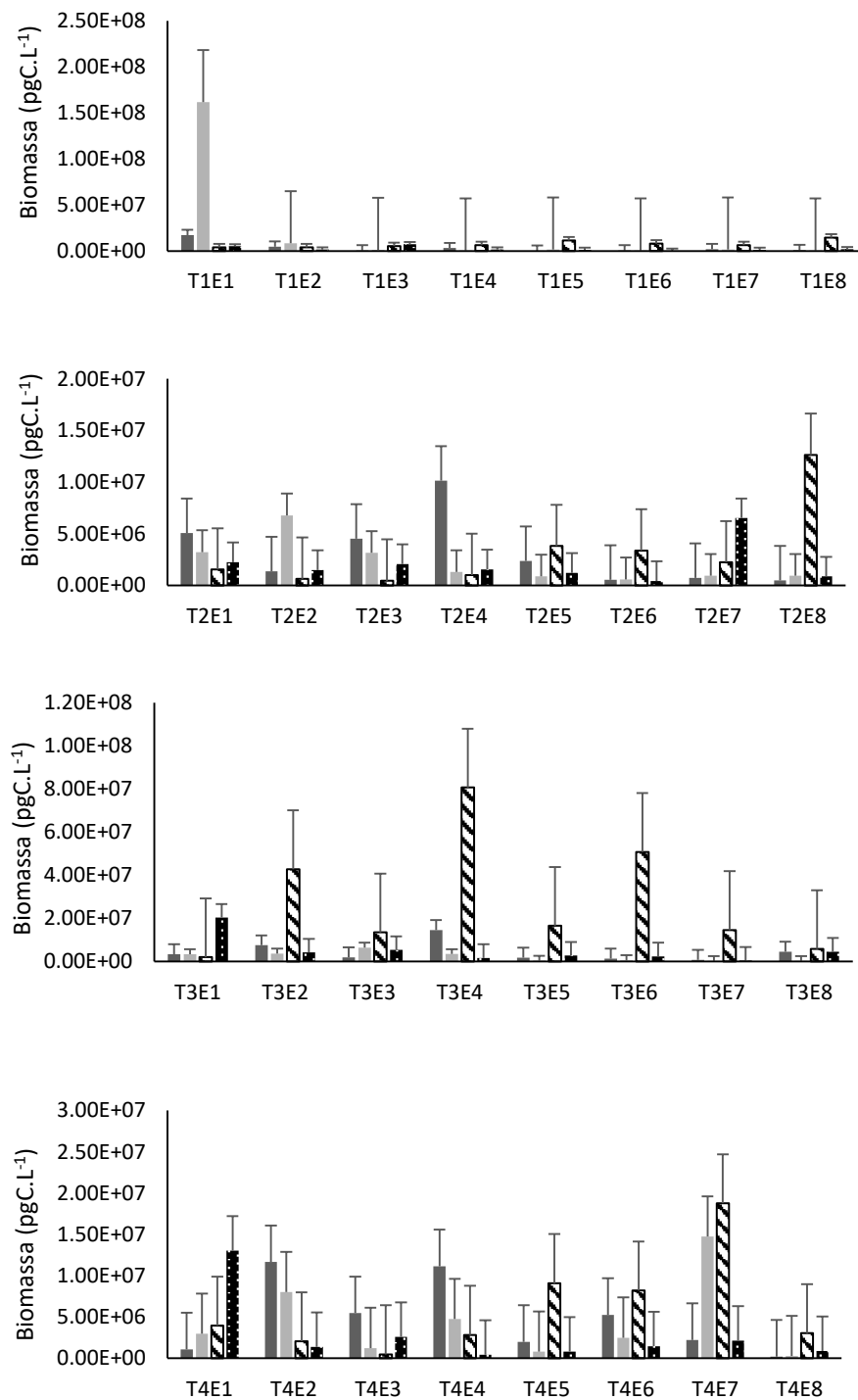


Figura 3: Valores da biomassa em carbono total (pgC. L⁻¹) ao longo dos quatro transectos T1, T2, T3 e T4, na subsuperfície e na segunda profundidade nos dois períodos amostrais. subsuperfície inverno; segunda profundidade inverno; subsuperfície no verão; segunda profundidade no verão. Desvio padrão (T).

Para verificar a existência de diferença significativa entre os transectos nos dois períodos amostrais, foi utilizado o teste de *Kruskal Wallis*, sendo possível observar a existência de diferenças significativas entre os transectos apenas no período do verão ($p < 0,05$). Pelo teste de média foi possível observar que o transecto T2 e T3 são diferentes (Figura 4). Não foi possível observar diferença significativa entre os transectos no inverno ($p > 0,05$).

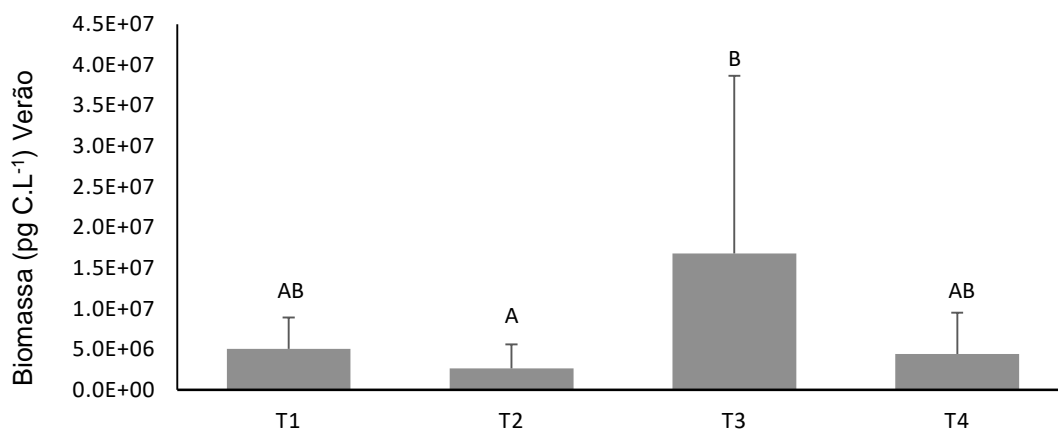


Figura 4: Teste de média evidenciando a diferença significativa entre os transectos para os valores de biomassa em carbono (pgC.L⁻¹) total ao longo da bacia do Espírito Santo no período do Verão, (┐) Desvio padrão.

Foi possível observar diferenças nos valores de biomassa em carbono entre as profundidades, subsuperfície e segunda profundidade, nos dois períodos amostrais (inverno e verão) (figura 5).

No inverno, os grupos de algas que se destacaram nos valores de biomassa total (pgC. L⁻¹) na subsuperfície foram: Coccolithophyceae ($3,29 \times 10^7$), Cyanophyceae ($3,28 \times 10^7$), Coscinodiscophyceae ($3,05 \times 10^7$), Dinophyceae ($8,65 \times 10^6$), Fragilariophyceae ($8,41 \times 10^6$) e Bacillariophyceae ($8,32 \times 10^6$). No verão, os grupos de algas com maiores valores de biomassa em carbono total na subsuperfície foram: Cyanophyceae ($3,16 \times 10^8$), Dinophyceae ($1,19 \times 10^7$), Coccolithophyceae ($9,86 \times 10^6$), Coscinodiscophyceae ($8,56 \times 10^6$), Bacillariophyceae ($3,64 \times 10^6$), e Fragilariophyceae ($2,28 \times 10^6$). A Classe Cyanophyceae se destacou com os maiores valores de biomassa em carbono para as amostras coletadas na subsuperfície, tanto no inverno como no verão.

No período de inverno, os grupos de algas que se destacaram nos valores de biomassa na segunda profundidade foram: Coscinodiscophyceae ($1,47 \times 10^8$), Coccolithophyceae ($2,96 \times 10^7$), Bacillariophyceae ($2,00 \times 10^7$), Dinophyceae ($1,97 \times 10^7$), Fragilariophyceae ($1,27 \times 10^7$), e Cyanophyceae ($9,07 \times 10^6$). No verão, os valores de maior biomassa em carbono total na segunda profundidade foram: Bacillariophyceae ($1,96 \times 10^7$), Cyanophyceae ($1,90 \times 10^7$), Coccolithophyceae ($1,80 \times 10^7$), Dinophyceae ($1,49 \times 10^7$), Coscinodiscophyceae ($9,79 \times 10^6$), e Fragilariophyceae ($8,18 \times 10^6$).

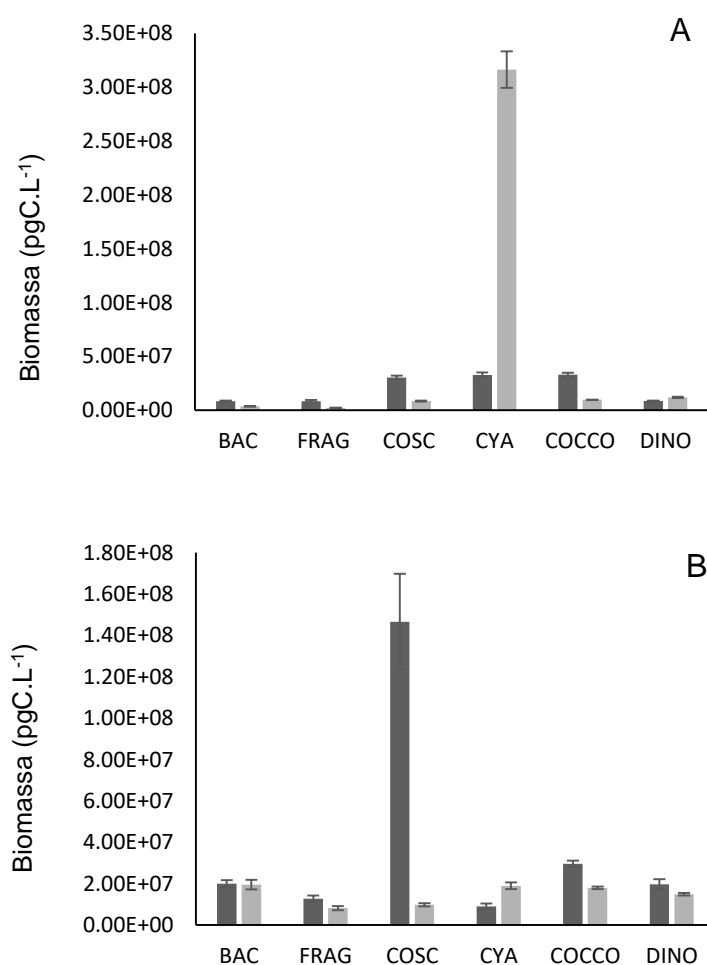


Figura 5: Classes de algas que apresentaram valores expressivos de biomassa em carbono (pgC.L⁻¹). A. biomassa em carbono subsuperfície; B. biomassa em carbono segunda profundidade. ■ inverno e □ verão; BAC (Bacillariophyceae); FRAG (Fragilariophyceae); COSC (Coscinodiscophyceae); CYA (Cyanophyceae); COCCO (Coccolithophyceae) e DINO (Dinophyceae), (T) Desvio padrão.

Tanto no inverno quanto no verão, a biomassa em carbono das diatomáceas se destacaram na segunda profundidade. A espécie *Pseudoguinardia* cf. *recta* da Classe Coscinodiscophyceae foi a alga fitoplanctônica que contribuiu com o maior valor de biomassa em carbono.

Foi possível observar, também, diferenças entre plataforma continental e talude no que se refere aos valores de biomassa em carbono (pgC. L^{-1}), tanto no inverno quanto no verão (figura 6). No inverno, os grupos de algas que tiveram maior relevância nos valores de biomassa em carbono total na região da plataforma continental foram Coscinodiscophyceae ($1,71 \times 10^8$), Coccolithophyceae ($4,28 \times 10^7$), Bacillariophyceae ($2,65 \times 10^7$), Fragilariophyceae ($1,98 \times 10^7$), Cyanophyceae ($1,28 \times 10^7$), e Dinophyceae ($7,21 \times 10^6$). Já no verão, os valores de biomassa em carbono na plataforma continental foram evidenciados por: Cyanophyceae ($7,71 \times 10^7$), Bacillariophyceae ($2,18 \times 10^7$), Dinophyceae ($1,79 \times 10^7$), Coccolithophyceae ($1,25 \times 10^7$), Coscinodiscophyceae ($9,13 \times 10^6$), e Fragilariophyceae ($8,33 \times 10^6$). Os grupos de algas que apresentaram maior contraste entre inverno e verão foram Coscinodiscophyceae e Cyanophyceae.

No inverno, os grupos de algas que tiveram relevância nos valores de biomassa em carbono total na região do talude foram: Cyanophyceae ($2,91 \times 10^7$), Dinophyceae ($2,11 \times 10^7$), Coccolithophyceae ($1,97 \times 10^7$), Coscinodiscophyceae ($6,63 \times 10^6$), Bacillariophyceae ($1,77 \times 10^6$), e Fragilariophyceae ($1,36 \times 10^6$). No verão, as Classes que apresentaram destaque nos valores da biomassa em carbono na região do talude foram: Cyanophyceae ($1,63 \times 10^8$), Coccolithophyceae ($9,86 \times 10^6$), Coscinodiscophyceae ($7,71 \times 10^6$), Dinophyceae ($6,35 \times 10^6$), Fragilariophyceae ($1,97 \times 10^6$), e Bacillariophyceae ($1,32 \times 10^6$). A Classe Cyanophyceae foi a que apresentou os maiores valores de biomassa em carbono, tanto no inverno como no verão, para a região do talude (figura 6).

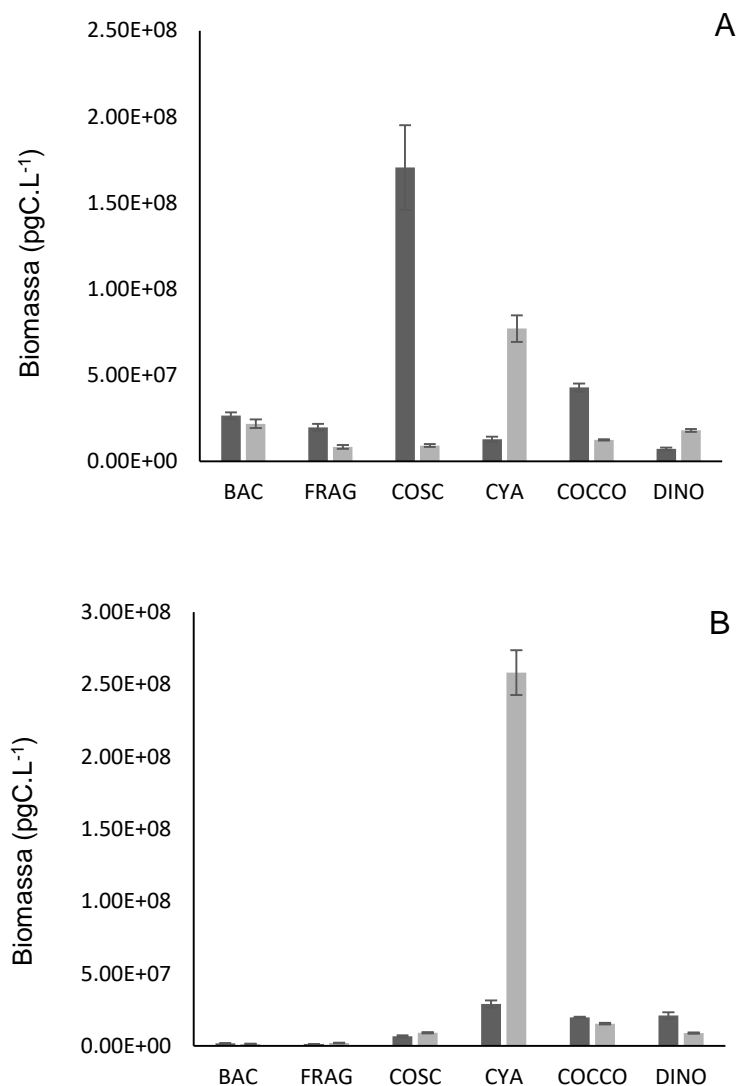


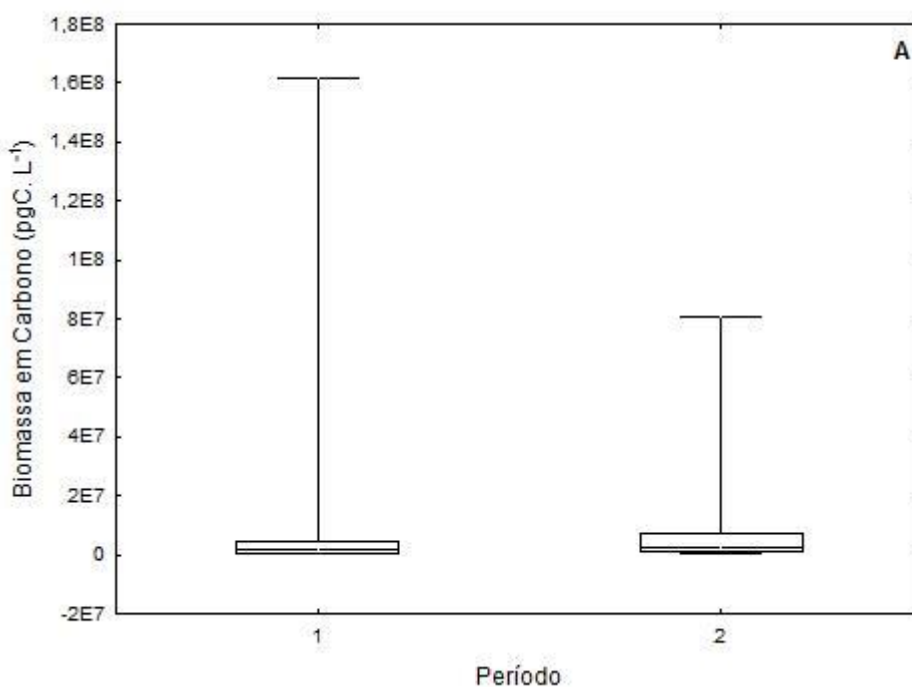
Figura 6: Classes de algas que apresentaram valores expressivos de biomassa em carbono (pgC.L⁻¹). A. biomassa em carbono plataforma continental; B. biomassa em carbono talude. ■ inverno e □ verão; BAC (Bacillariophyceae); FRAG (Fragilariophyceae); COSC (Coccosiphonophyceae), CYA (Cyanophyceae); COCCO (Coccolithophyceae) e DINO (Dinophyceae), (⊥) Desvio padrão.

Para verificar a existência de variação espacial e temporal da biomassa em carbono da comunidade de fitoplâncton da Baía do Espírito Santo, foi utilizado o teste de *Mann-Whitney*, com o nível de significância a 5%. Foi possível constatar que a biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico, estimada por meio do biovolume, foi significativamente diferente entre os períodos (1) inverno e (2) verão (Teste U:1611,00; teste de Z: -2,08; p=0,03). No inverno, a biomassa em carbono total foi de: $3,8 \times 10^8$ pgC. L⁻¹; mediana: $2,0 \times 10^6$ pgC. L⁻¹ e no verão,

a biomassa em carbono total foi de: $(4,63 \times 10^8 \text{ pgC. L}^{-1}$; mediana: $2,8 \times 10^6 \text{ pgC. L}^{-1}$).

A biomassa em carbono da comunidade fitoplanctônica foi significativamente diferente entre as profundidades (1) subsuperfície e (2) segunda profundidade (Teste U:1421,00; teste de Z:2,98; $p=0,002$). Na subsuperfície, a biomassa em carbono do fitoplâncton apresentou biomassa em carbono total de: $(4,9 \times 10^8 \text{ pgC. L}^{-1}$; mediana: $3,8 \times 10^6 \text{ pgC. L}^{-1}$) e na segunda profundidade, a biomassa em carbono apresentou valores de: $3,5 \times 10^8 \text{ pgC. L}^{-1}$; mediana: $1,5 \times 10^6 \text{ pgC. L}^{-1}$ (figura 7).

Também foi possível observar diferença significativa da biomassa em carbono do fitoplâncton marinho entre as regiões (1) plataforma continental e (2) talude (Teste U:1473,00; teste de Z:2,60; $p=0,008$). O fitoplâncton da região da plataforma continental apresentou valores da biomassa em carbono total: $(4,5 \times 10^8 \text{ pgC. L}^{-1}$; mediana: $3,5 \times 10^6 \text{ pgC. L}^{-1}$), e na região do talude, a biomassa em carbono total foi: $3,9 \times 10^8 \text{ pgC. L}^{-1}$; mediana: $1,7 \times 10^6 \text{ pgC. L}^{-1}$ (figura 7).



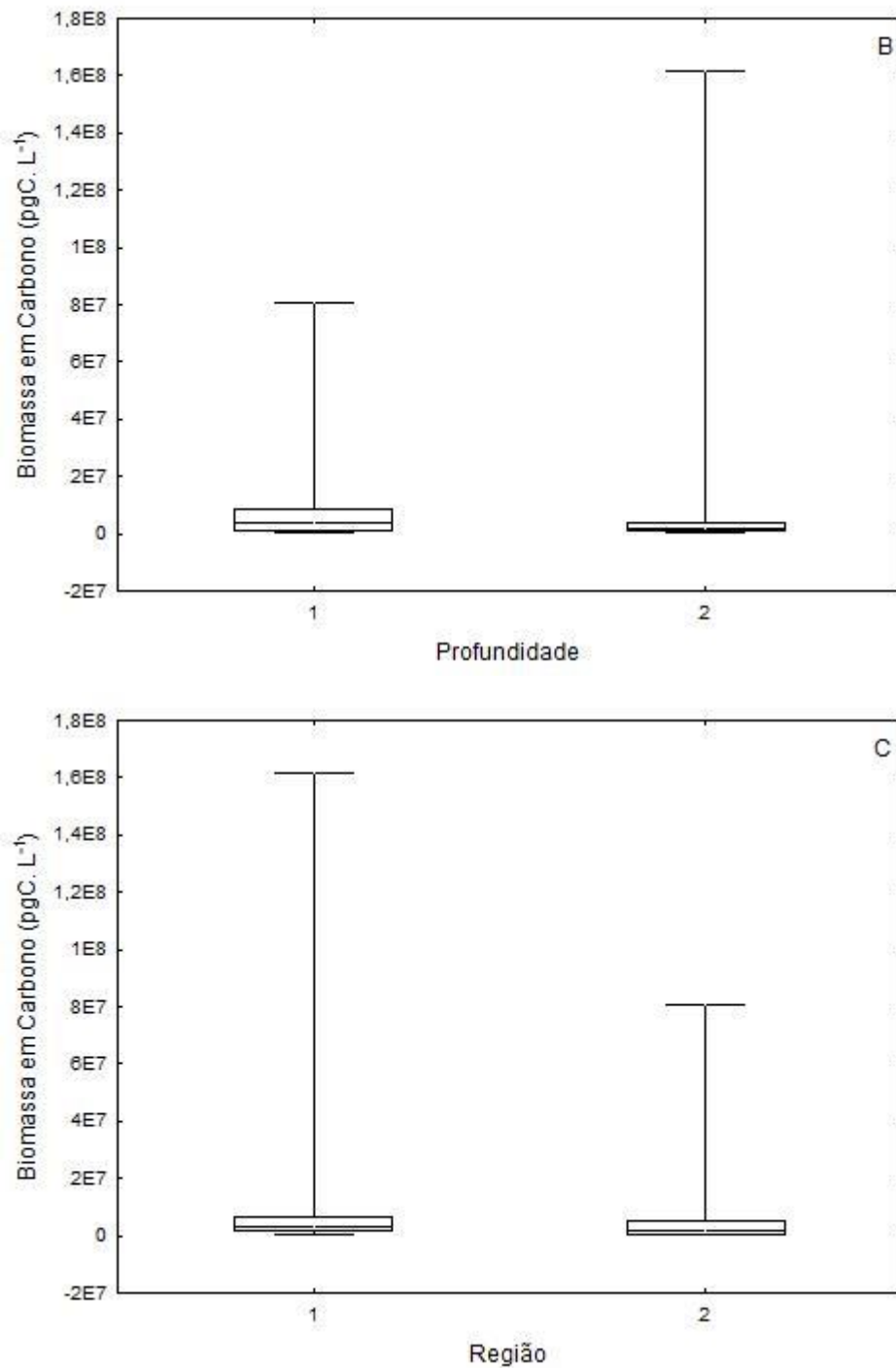
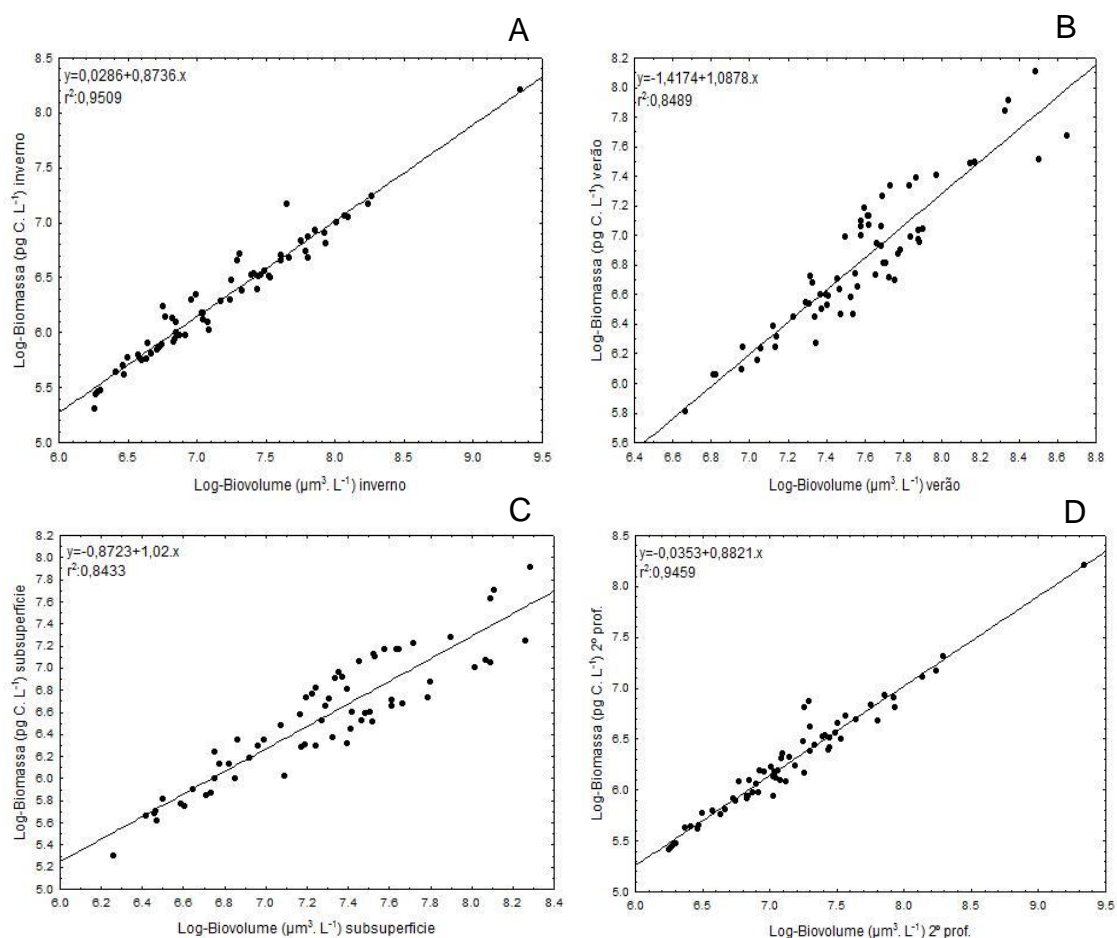


Figura 7: Box-plot para os valores de biomassa (pgC. L⁻¹). A. biomassa em carbono entre os Períodos: (1) Inverno e (2) Verão; B. biomassa em carbono entre as profundidades: (1) Subsuperfície e (2) segunda profundidade; C. biomassa em carbono entre as regiões: (1) Plataforma continental e (2) Talude. Ao nível de significância de $p < 0,05$; - Mediana 1º Quartil (25%) e 3º quartil (75%), mínimo e máximo \top .

A relação entre biomassa em carbono ($\mu\text{g C. L}^{-1}$) e biovolume ($\mu\text{m}^3. \text{L}^{-1}$) mostrou ser significativa, quando aplicada a análise de regressão linear. Os valores do coeficiente de determinação mostraram o quanto o biovolume influenciou nos valores de biomassa em carbono. A relação mostrou-se significativa entre os períodos, entre as profundidades e entre as regiões. A relação entre biomassa em carbono ($\mu\text{g C. L}^{-1}$) e biovolume ($\mu\text{m}^3. \text{L}^{-1}$) foi significativa no inverno (R^2 : 0,95; $<0,05$) e no verão (R^2 : 0,84; $<0,05$), na subsuperfície (R^2 : 0,84; $<0,05$) e na segunda profundidade (R^2 : 0,94; $<0,05$), e significativo na plataforma (R^2 : 0,88; $<0,05$) e na região do talude (R^2 : 0,89; $<0,05$) (Figura 8).



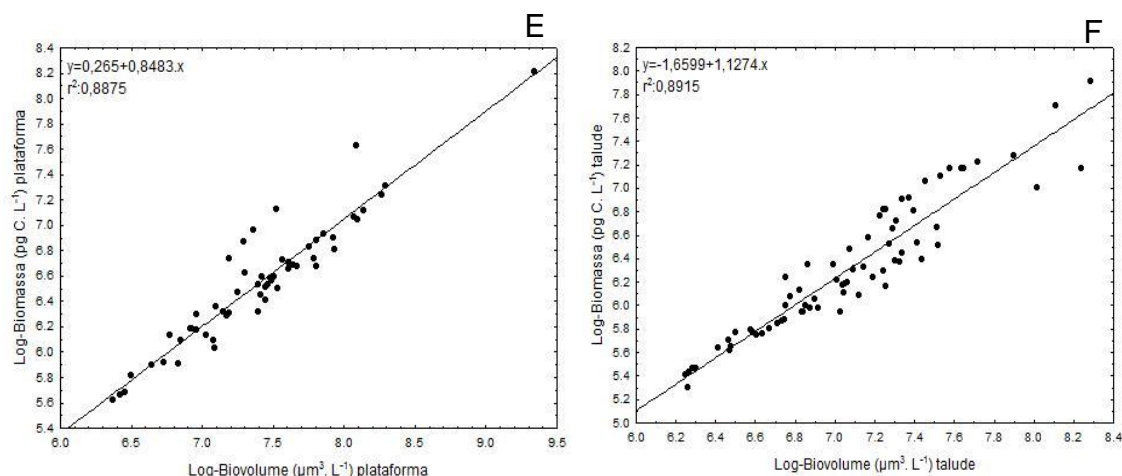


Figura 8: Análise de regressão linear entre biomassa em carbono (pgC. L^{-1}) e biovolume ($\mu\text{m}^3. \text{L}^{-1}$). A. a relação no inverno; B. relação no verão. C. subsuperfície; D. relação na 2ª profundidade; E. relação na plataforma continental; F. relação no talude.

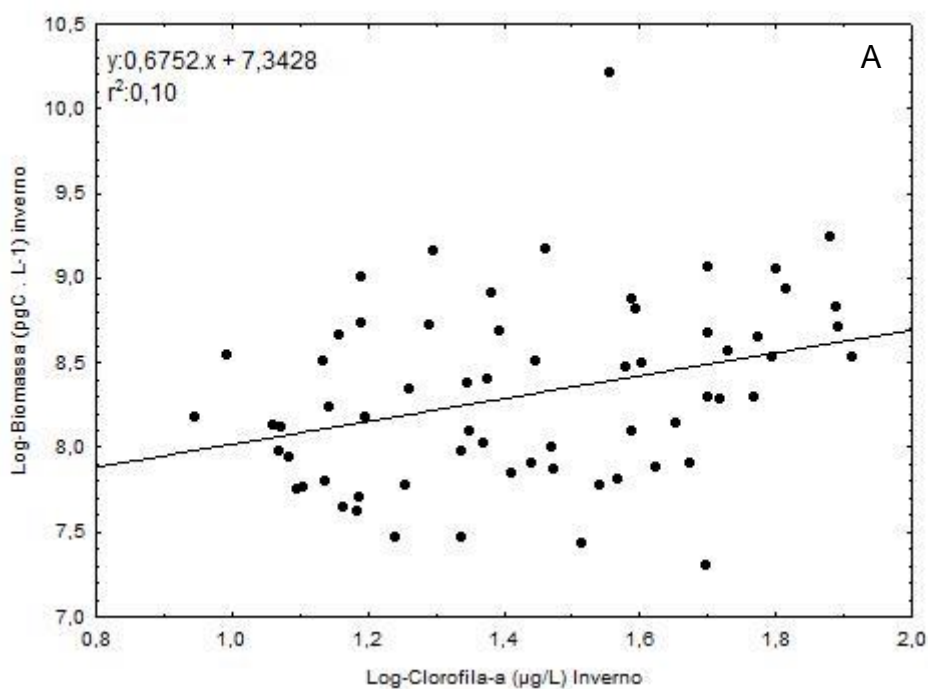
Por meio do teste de correlação de *Spearman* foi possível identificar as relações significativas entre os métodos de estimativa de biomassa. A relação foi feita entre a biomassa em carbono (pgC. L^{-1}) e clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) (Tabela 4). Apesar do coeficiente de determinação ser bem baixo, apenas foram significativas as relações entre Biomassa em carbono inverno x Clorofila *a* inverno (0,36), entre Biomassa em carbono Plataforma Inverno x Clorofila *a* Plataforma Inverno (0,40), e entre Biomassa em carbono Talude Verão x Clorofila *a* Talude Verão (0,57). As demais correlações não foram significativas e apresentaram valor de $p > 0,05$.

Tabela 4: Coeficiente de correlação de *Spearman* entre as variáveis biomassa em carbono (pg C. L^{-1}) e clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) da comunidade fitoplânctônica da Baía do Espírito Santo.

Relação	Coeficiente de correlação	p-valor
Biomassa inverno X Clorofila inverno	0,36	<0,05
Biomassa verão X Clorofila verão	-0,17	>0,05
Biomassa Sub Inverno X Clorofila Sub Inverno	-0,07	>0,05
Biomassa Sub Verão X Clorofila Sub Verão	-0,12	>0,05
Biomassa 2º prof. Inverno X Clorofila a 2º prof. Inverno	0,002	>0,05
Biomassa 2º prof. Verão X Clorofila a 2º prof. Verão	0,12	>0,05
Biomassa Plat. Inverno X Clorofila Plat. Inverno	0,40	<0,05
Biomassa Plat. Verão X Clorofila Plat. Verão	0,09	>0,05
Biomassa Talude Inverno X Clorofila Talude Inverno	0,04	>0,05
Biomassa Talude Verão X Clorofila Talude Verão	0,57	<0,05

A representação gráfica da relação das variáveis biomassa em carbono (pgC.L^{-1}) e clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) foram expressas por meio do diagrama de dispersão (Figura 9). Na figura 9, também é possível observar a relação linear logarítmica entre biomassa em carbono inverno e clorofila *a*.

A análise de regressão linear mostrou ser significativa ($p < 0,05$) para a relação Biomassa em carbono inverno x clorofila *a* inverno ($r^2: 0,10$ e $p < 0,008$), entre Biomassa em carbono Plataforma inverno x clorofila *a* Plataforma inverno ($r^2: 0,22$ e $p < 0,01$), e entre Biomassa em carbono Talude verão x Clorofila *a* Talude verão ($r^2: 0,32$ e $p < 0,000$). Nesses casos, é possível confirmar a relação direta entre clorofila *a* e Biomassa em carbono, embora os valores do coeficiente de determinação sejam baixos. As demais correlações não foram significativas e apresentaram valor de $p > 0,05$.



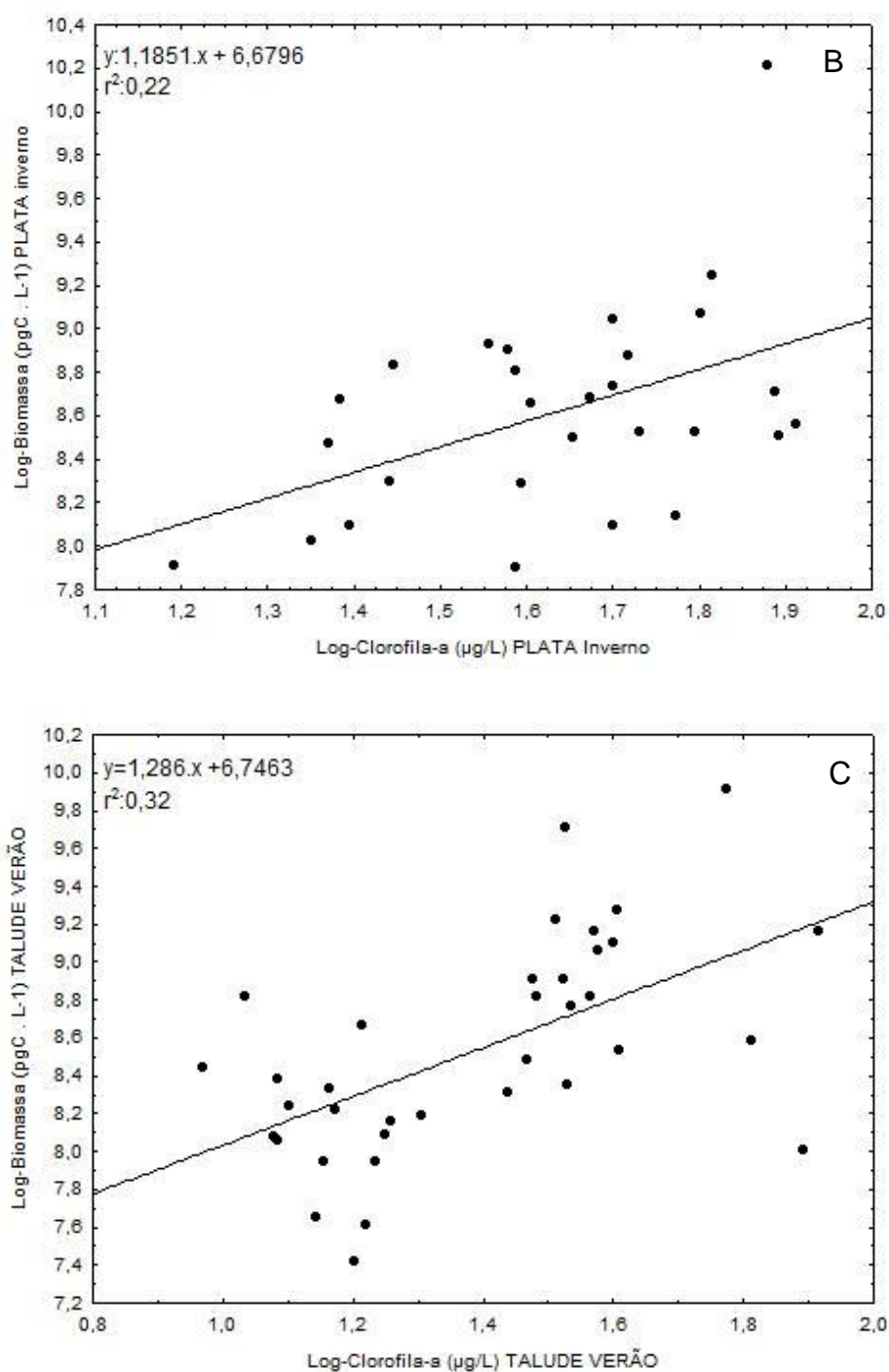


Figura 9: Diagrama de dispersão da relação das variáveis biomassa em carbono (pgC. L⁻¹) e clorofila a (µg/L). A. a relação no inverno; B. relação na plataforma no inverno e C. relação no talude no verão. Apenas as relações que mostraram ser significativa ($p < 0,05$).

As relações que apresentaram ser significativas como, por exemplo, no inverno e na plataforma no inverno, apresentaram Coscinodiscophyceae como grupo de algas dominante em termos de biomassa em carbono. Já Cyanophyceae foi o grupo de alga que dominou em termos de biomassa na região do talude no verão.

7. DISCUSSÃO

A composição taxonômica da bacia do Espírito Santo mostrou-se bem semelhante com a composição taxonômica encontrada em outros trabalhos no litoral do Brasil (SILVA et al., 1988; AIDAR et al., 1993; FERNANDES; BRANDINI, 1999; FERNANDES; BRANDINI 2004 (diatomáceas); MOSER et al., 2014).

A composição taxonômica foi muito semelhante entre os dois períodos amostrais (inverno e verão), onde se destacaram as diatomáceas cêntricas, pertencentes à Classe Coscinodiscophyceae, as diatomáceas penadas da Classe Bacillariophyceae, seguido pela Classe Dinophyceae. Para Bonecker e colaboradores (2009), diversos grupos de algas compõem a comunidade fitoplanctônica marinha, no entanto, as Classes Bacillariophyceae e Dinophyceae são as que apresentam a maior biodiversidade nos ambientes marinhos. As diatomáceas predominam com alta densidade celular e alta produtividade primária na região da plataforma continental do sudoeste do Brasil, ocorrendo diminuição gradativa dessas algas em direção ao oceano aberto, onde predominam algas das classes, representada por Dinophyceae e Coccolithophyceae (BRANDINI; FERNANDES, 1996; FERNANDES; BRANDINI, 2004).

Representadas pelas Classes Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae, as diatomáceas são grupos de algas dominantes nos ecossistemas aquáticos marinhos e sua biomassa em carbono é um parâmetro importante para o entendimento quantitativo do seu papel nos ciclos biogeoquímicos do carbono e sílica marinha (CORNET-BARTHAUX et al., 2007). Além do relevante papel na cadeia alimentar, as diatomáceas contribuem com, aproximadamente, 35% da produtividade nos oceanos oligotróficos e com cerca de 75% nas áreas costeiras e antárticas (TRÉGUER et al., 1995).

As diatomáceas apresentaram em termos de biomassa em carbono valores expressivos na região da plataforma continental, principalmente, no período do inverno. Para Fernandes e Brandini (1999), elas necessitam de maiores

concentrações de nutrientes para atingirem seu máximo de crescimento, e é na região da plataforma continental que as concentrações de nutrientes tendem a serem maiores (BONECKER et al., 2009). Isso se dá, principalmente, por conta do silicato, nutriente responsável pela formação de suas frústulas (TRÉGUER et al., 1995). Portanto, a biomassa das diatomáceas tendem a ser limitadas em água oligotrófica (AIDAR et al., 1993).

No trabalho de Brandini e Fernandes (1996), as diatomáceas dominaram na região da costa, principalmente, nas camadas sub-superficiais. No presente estudo, foi na segunda profundidade que as diatomáceas dominaram em termos de biomassa em carbono. Isso pode ser explicado pelo fato dessas algas apresentarem grande capacidade de aclimação a baixas irradiâncias, pois apresentam pigmentos acessórios como fucoxantina, que auxilia na captação de luz e que também atua como fotoprotetor do aparato fotossintético contra danos oxidativos (UENOJO et al., 2007) ou por conta do peso de suas frústulas de sílicas. Para Smetacek (1999), esse seria o motivo dessas algas se destacarem na fixação de carbono em regiões mais profundas do oceano, pois, diferente de outros grupos de fitoplâncton, essas algas tendem a afundar primeiro, devido ao peso de suas frústulas de sílica.

No presente estudo, a espécie *Hemiaulus membranaceus* apresentou um dos maiores valores de biomassa em carbono, o que também foi observado por Ribeiro-Queiroz e colaboradores (2014) no Arquipélago São Pedro e São Paulo em Pernambuco, biomassa em carbono expressa em (pgC. μm^{-3}). Naz e colaboradores (2013), em águas costeiras do Paquistão, observaram que a espécie *Odontella mobiliensis* também apresentou valores expressivos de biomassa em carbono (pgC. cel^{-1}). A espécie *Pseudoguinaradia* cf *recta* foi a diatomácea fitoplanctônica que apresentou o maior valor de biomassa em carbono, o que também foi observado por Lugo-Vizcaino e colaboradores (2003) na plataforma da Venezuela.

No presente estudo, a Classe Dinophyceae apresentou valores expressivos de biomassa em carbono no verão na região da plataforma continental e nos dois períodos amostrais na região do talude, com destaque no verão na região do

talude. Os dinoflagelados prosperam em água mornas e, geralmente, são mais abundantes perto da superfície (LEE, 2008). A peridinina, um carotenoide predominante nos dinoflagelados, é o pigmento que permite que os organismos colem luz na faixa de 470 – 550 nm, região onde a clorofila *a* não absorve (KLEIMA et al., 2000), provavelmente. Esse pigmento, além de auxiliar na absorção de luz, apresenta o papel fotoprotetor para o aparato fotossintético dessas algas (LEE, 2008), permitindo o sucesso desse grupo de algas nas regiões com maior intensidade luminosa.

Assim como no presente estudo, os dinoflagelados se destacaram em relação ao número de espécies e biomassa em carbono em estudo realizado por Fernandes e Brandini (1999) no sul do Brasil e na Península Antártica. Nos trabalhos de Ribeiro-Queiroz e colaboradores (2014) e Munir e colaboradores (2015), bem como no presente estudo, a alga *Neoceratium massiliense* foi a que apresentou um dos maiores valores de biomassa em carbono. Outro dinoflagelado que apresentou um dos maiores valores de biomassa em carbono na Bacia do Espírito Santo, foi a espécie *Gymnodinium sanguineum*, que também apresentou valores expressivos de biomassa em carbono em estudos realizados por Montagnes e colaboradores (1994).

Apesar de não ser representada por elevada riqueza de espécies, a Classe Cyanophyceae também se destacou em relação aos valores de biomassa em carbono. O fitoplâncton representado pela Classe Cyanophyceae foi abundante em ambas as regiões, porém se sobressaiu na região do talude, tanto no inverno quanto no verão, e também apresentou altos valores de biomassa em carbono nas duas profundidades, principalmente na subsuperfície. De acordo com Ting e colaboradores (2002), as cianobactérias são um dos grupos de algas consideradas cosmopolitas. Essa versatilidade é devido ao sistema de coleta de luz (complexo antena) associado com o centro de reação do fotossistema II (FSII) que auxiliam na captação de luz em diferentes comprimentos de ondas. Isso tem contribuído para a sua capacidade de se proliferar em ambientes bastante diversificados.

Os gêneros que mostraram maior contribuição para os valores de biomassa em carbono na área de estudo foram *Trichodesmium* e *Synechocystis*. A particularidade de *Trichodesmium* é que seu sucesso é garantido em regiões de oceano aberto graças a sua capacidade de fixar N₂ (nitrogênio atmosférico). Mesmo não apresentando células diferenciadas (heterocitos), sua flutuabilidade natural é o que posiciona estes organismos na coluna de água superior. Além disso, um aparelho fotossintético adaptado a um regime de alta intensidade luminosa e crescimento mais ou menos baixo, acompanhado da falta de grandes herbívoros, lhe garante manter uma biomassa relativamente alta (CAPONE et al., 1997). O Gênero *Trichodesmium* apresenta ampla distribuição nos oceanos Atlântico, Pacífico, Índico tropical e subtropical, Caraíbas e mares da China (PROENÇA et al. 2011). As cianobactérias representadas pelo gênero *Synechocystis* são consideradas algas cosmopolitas e estão presentes com muita frequência em regiões de águas oligotróficas (PEARL, 2000).

A Classe Coccolithophyceae é habitualmente encontrada em águas superficiais, além de serem uma das principais produtoras primárias do mundo, contribuindo aproximadamente com 15% da biomassa média do fitoplâncton marinho (YANG et al., 2001). Na bacia do Espírito Santo a Classe Coccolithophyceae apresentou os maiores valores de biomassa em carbono na subsuperfície, entretanto, os cocolitoforídeos também apresentaram expressiva biomassa em carbono nas águas mais profundas. Baumann e colaboradores (2005) relataram que por serem adaptadas à salinidade 32 – 37, a grande maioria dos cocolitoforídeos vive no oceano aberto. Neste estudo, a Classe Coccolithophyceae esteve bem representada com os valores de biomassa em carbono na região do talude, no entanto, os cocolitoforídeos também contribuíram expressivamente com valores de biomassa em carbono para a região da plataforma continental. Portanto, a distribuição de cocolitoforídeos não apresentou um padrão definido de distribuição espacial (vertical e horizontal).

Teixeira e Tundisi (1967) observaram a diminuição progressiva na produção primária e no número de organismos por litro entre as regiões costeiras e oceânicas, e que a composição taxonômica mudava entre as diferentes regiões. Isso também foi verificado na Bacia do Espírito Santo, onde os maiores valores

de biomassa em carbono foram observados na plataforma continental, evidenciado, principalmente, pelos grupos de algas Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Cyanophyceae. A região do talude apresentou menores valores de biomassa em carbono quando comparada com a região da plataforma continental, representada, principalmente, pelos grupos Cyanophyceae, Dinophyceae e Coccolithophyceae.

A estação E1 do transecto T1 (T1E1), ao sul, foi a estação que apresentou o maior valor de biomassa em carbono, especificamente na segunda profundidade durante o inverno. O que podemos destacar é que algas microfitoplâncton se destacaram nessa estação, representado, principalmente pela Classe Coscinodiscophyceae pela espécie *Pseudoguinardia* cf. *recta*, evidenciando que estimar a biomassa em carbono por meio do biovolume agrega devida importância para grupo de algas com tamanhos diferentes. Provavelmente, a diferença entre os transectos no período do verão, principalmente, para os transectos T2 e T3, está relacionada com a desembocadura do rio Doce, que exerce grande influência, principalmente, na região da plataforma continental, com vazões máximas no verão (ZOFFOLI et al., 2011), contribuindo para que esses transectos tenham sido diferentes dos demais. A influência da Bacia do rio Doce nos transectos T2 e T3 está relacionada principalmente com o grande fluxo de sedimento, apesar das dificuldades causadas pelo excesso de sedimentos, estes são responsáveis pelo transporte de nutrientes que são necessários à manutenção dos organismos fitoplanctônicos.

Por meio do teste de Mann-Whitney, foi possível observar a existência de diferença significativa entre a biomassa em carbono nos períodos amostrais, nas profundidades e entre as regiões. A existência de diferença significativa entre a biomassa em carbono nos dois períodos amostrais nos revela a ocorrência de variação temporal dos valores de biomassa em carbono, sendo que no verão foi observado maior valor quando comparado com o inverno. Da mesma forma, foram observadas diferenças significativas da biomassa em carbono entre as profundidades, evidenciando variação espacial vertical, com maiores valores na subsuperfície. Do mesmo modo, houve diferença significativa entre as regiões, apontando para variação espacial horizontal, e foi possível verificar que a

biomassa em carbono total foi maior na região da plataforma continental do que na região do talude.

A biomassa em carbono foi maior nas águas da subsuperfície do que nas águas da segunda profundidade, e maiores no verão do que no inverno. Tanto no verão como na subsuperfície a biomassa em carbono das cianobactérias foi maior quando comparada com a biomassa em carbono de outros grupos de algas. Sabe-se que esse grupo de algas habita, principalmente, as águas da superfície de oceanos pobres em nutrientes. De acordo com Ting e colaboradores (2002), esses organismos apresentam mecanismos antioxidantes bem desenvolvidos, o que permitem seu posicionamento na superfície dos oceanos e um aparato fotossintético adaptado a um regime de alta luminosidade.

As cianobactérias filamentosas do gênero *Trichodesmium* contribuíram para a maior parte da biomassa em carbono do fitoplâncton na Bacia do Espírito Santo e uma característica chave desse gênero é a presença de vesículas de gás que proporcionam flutuabilidade para esses organismos (VAN BAALEN; BROWM, 1969). Um mecanismo ecologicamente importante que lhes permite ajustar sua posição vertical na coluna d'água, as vesículas de gás ajudam as populações de *Trichodesmium* a se manterem nas águas superiores da coluna d'água (CAPONE et al. 1997). Um outro mecanismo importante é que as espécies de *Trichodesmium* spp. apresentam, como uma resposta foto-adaptativa quando exposta a elevados regimes de luz, a utilização de enzimas que participam na eliminação de espécies reativas de oxigênio. Enzimas como a Superóxido Dismutase (SOD) são importantes antioxidantes na defesa das células expostas a essas condições de alta intensidade luminosa (CUNNINGHAM; CAPONE, 1992).

Muito provavelmente, o destaque de *Trichodesmium* no verão está relacionado com as altas temperaturas que ocorreram nesse período. Conforme Carpenter e colaboradores (2004), em concordância com Carpenter e Capone (1992), as florações de *Trichodesmium* ocorrem a uma temperatura acima de 26° C. Segundo Dias Jr. e colaboradores (2016), a expressiva contribuição dessas cianofíceas para a biomassa é devida, principalmente, ao seu tamanho, sendo

as únicas algas filamentosas que apresentam uma boa importância numérica, principalmente em regiões oceânicas.

A região da plataforma continental apresentou maior valor de biomassa em carbono que a região do talude. De acordo com Naz e colaboradores (2013), o funcionamento de um ecossistema depende do tamanho da estrutura da comunidade. Fitoplâncton com células maiores domina em termos de biomassa nos ambientes eutróficos como as áreas costeiras (plataforma continental), e fitoplâncton com células pequenas dominam em ambientes de oceano aberto (talude). Para Eça e colaboradores (2014), os setores sul e sudeste da plataforma continental brasileira apresentam altos níveis de biomassa, devido, principalmente, às ressurgências sazonais e à influência de grandes rios que induzem a fertilização das águas.

Mudanças na biomassa e na produtividade do fitoplâncton são importantes e estão associadas à variabilidade dos processos biológicos e biogeoquímicos dos oceanos (YODER; KENNELLY, 2003) e são fundamentais para evidenciar a variação espaço – temporal da estrutura da comunidade.

Relações entre biomassa em carbono e biovolume do fitoplâncton foram inicialmente estudadas por Mullin e colaboradores (1966), e Strathmann (1967). Em nossos resultados, foi possível detectar uma correlação significativa entre biomassa em carbono (pgC. L^{-1}) com biovolume ($\mu\text{m}^3. \text{L}^{-1}$), tanto entre os períodos inverno e verão, quanto para as regiões da plataforma continental e talude, e para as profundidades subsuperfície e segunda profundidade. Outros autores também encontraram resultados semelhante ao presente estudo, tais como Montagnes e outros (1994), Munir e colaboradores (2015), relacionaram biomassa em carbono e biovolume de dinoflagelados tecados e atecados, e Naz e colaboradores (2013), com a relação das variáveis para as diatomáceas.

Segundo Montagnes e colaboradores (1994), a grande variação dos fatores abióticos, tais como variação na luz, temperatura e escassez de nutrientes interfere no tamanho das células do fitoplâncton, o que influencia na mudança da relação carbono-volume. Por meio desses resultados é possível evidenciar o

quão confiável é estimar a biomassa em carbono baseado nos valores do biovolume celular.

A região do talude no verão foi que apresentou a maior relação entre as variáveis biomassa em carbono e clorofila *a*. Nessa região e nesse período, Cyanophyceae foi a Classe que apresentou o maior valor em porcentagem de biomassa em carbono (72,47%), se comparado com a biomassa em carbono total de outro grupo de algas.

A biomassa em carbono de *Synechocystis* mostrou contribuição maior no período do verão do que no inverno. De acordo com Pearl (2000) *Synechocystis* essas cianofíceas unicelulares nanofitoplantônicas são consideradas dominantes em águas superficiais e oligotróficas. De acordo com Malone (1980), a clorofila *a* é fortemente correlacionada com o tamanho da célula. Algas pequenas contêm mais clorofila *a* do que algas com células maiores, o que explicaria a relação significativa entre biomassa em carbono e clorofila *a* na região do talude no verão, onde a Classe Cyanophyceae dominou com altos valores de biomassa em carbono. Para Naz e colaboradores (2013) fitoplâncton com células menores dominam em ambientes de oceano aberto, o que também pode ter contribuído para a relação significativa entre biomassa em carbono e clorofila *a*.

A figura 9, confirma haver relação direta entre clorofila *a* e biomassa em carbono. No inverno apenas 10% da variação da biomassa em carbono decorre de mudanças na concentração de clorofila *a*, na plataforma continental no inverno 22% e no talude no verão 32%. Foi possível observar que as Classes Chlorophyceae, Dictyochophyceae, Euglenophyceae e Prasinophyceae estiveram bem representadas nas relações que foram significativas, assim como as Classes Coscinodiscophyceae e Cyanophyceae dominaram em termos de biomassa em carbono para as relações que foram significativas. Hallegraeff (1977) sugere que as diferenças na composição das espécies afetam as relações sazonais entre diferentes medidas de biomassa.

A grande diversidade de técnicas para estimativas da biomassa fitoplanctônica oferece uma grande variedade no grau de precisão dos dados. Para Vörös e Padisák (1991), o conteúdo de clorofila *a* nas células do fitoplâncton é influenciado por diversos fatores, tais como limitação de nutrientes, intensidade de luz e o tamanho das células das algas. Outros autores citam a composição taxonômica do fitoplâncton como o fator responsável pela variabilidade de clorofila *a* (FELIP; CATALAN, 2000). Diversos autores citam que os diferentes pigmentos fotossintetizantes estão associados com grupos específicos de algas. Pork e Milius (1978) citam que a clorofila *a* é maior nas algas verdes do que em outros grupos de algas, assim como a peridinina ocorre com maior abundância nos dinoflagelados e a fucoxantina nas diatomáceas (IRIGOIEN et al., 2004). Estimar a biomassa só pela concentração de clorofila *a* não representaria todos os táxons da comunidade, pois há diferença na quantidade de clorofila *a* em diferentes grupos e nos diferentes tamanhos, e que esse método não estimaria com precisão a biomassa do fitoplâncton, além de excluir a comunidade heterotrófica da amostragem.

Garibotti e colaboradores (2003) afirmam que estudos quimiotaxonômicos, onde a biomassa é estimada pelo pigmento específico de cada grupo de alga, têm indicado uma excelente relação com o método de estimativa de biomassa em carbono. Trabalhos como de Descy e Métens (1996), Schlüter e Havskum (1997), Gosselain e colaboradores (2000), Marinho e Rodrigues (2003), Irigoien e colaboradores (2004), Lionard e colaboradores (2008), e Mendes e colaboradores (2016) têm contribuído com esses dados.

É possível determinar algumas desvantagens em ambos os métodos e isso explicaria a relação não significativa e significativa, porém fraca, entre os métodos de estimativa de biomassa. O método de análise por meio do microscópio, utilizado no presente trabalho, considerou apenas os organismos do nanofitoplâncton e microfitoplâncton para estimar o biovolume e, conseqüentemente, a biomassa em carbono. Ao mesmo tempo, a análise de pigmento não ignora as diferentes classes de tamanho e incluem organismos do ultraplâncton, picoplâncton e mesoplâncton com conteúdo de clorofila *a*. A inexistente relação entre carbono – clorofila *a* do fitoplâncton também pode ser

explicada pela influência da diminuição dos níveis de luz no ambiente. Uma outra consideração é que trabalhos de microscopia envolvem diversas fontes de erro, que se iniciam na etapa de sedimentação, enumeração, da mediação das dimensões da célula para o biovolume e vão até a sua conversão em carbono. Esses questionamentos foram levantados por Lionard e colaboradores (2008), já que os autores não observaram relações fortes entre os dois métodos de estimativa.

Estimar a biomassa em carbono por meio do biovolume revelou a composição específica da comunidade fitoplanctônica, que é uma informação extremamente valiosa para a pesquisa ecológica que não pode ser obtida por meio de análise de pigmentos avaliando apenas a clorofila *a* como medida de biomassa. Apesar dos dois métodos fazerem estimativas de biomassa, o método de clorofila *a* apresenta desvantagem quanto a ser um método de estimativa de biomassa, pois é um método que sofre influência das mudanças ambientais. Diferentes táxons apresentam variabilidade no conteúdo de clorofila e não existe a separação de partículas de detritos do fitoplâncton (MULLIN et al. 1966; WETZEL; LINKES (2000). De acordo com Cullen (1982), a clorofila *a* não é um perfeito descritor da biomassa orgânica do fitoplâncton. Nas equações oferecidas por diversos autores, o método de biomassa em carbono por meio do biovolume tem sido mais preciso, pois independe das alterações do ambiente (MULLIN et al. 1966). Devido a esses fatores externos e internos, não é possível estabelecer uma forte correlação entre as medidas de biomassa em carbono por meio do biovolume e clorofila *a*.

Embora o método do biovolume celular demande longo tempo de uso de microscópio para determinar a quantidade de organismos e o volume celular do fitoplâncton, apresenta diversos aspectos positivos tornando-se recomendada para estimativas de biomassa, devido a: alta resolução taxonômica, método de custo relativamente baixo e fácil de aplicar e restrito a poucas fontes de erros, pois há controle do pesquisador.

Baseado nesta pesquisa, podemos concluir que estimar a biomassa em carbono do fitoplâncton por meio do biovolume é importantíssimo para estudos

fisiológicos e ecológicos nos ambientes marinhos, uma vez que a variação espacial e temporal da biomassa em carbono do fitoplâncton foi evidenciada na bacia do Espírito Santo. Estimar a biomassa em carbono por meio do biovolume, nos permite dar valor a cada grupo taxonômico, agregar a mesma importância para as algas de tamanhos diferentes, além de proporcionar a manipulação de amostras já conservadas e, ainda, eliminar a presença de detritos e especificar a variabilidade do carbono em diferentes grupos do fitoplâncton.

Conforme Hallegraff (1977), as diferentes técnicas analíticas de estimativa da biomassa fitoplanctônica não produzem necessariamente resultados comparáveis. O teor de carbono mostraria o conteúdo energético da biomassa e a concentração de clorofila *a* refletiria o potencial fotossintético da comunidade. Apesar de significativas, as correlações entre biomassa em carbono e clorofila *a* apresentaram valores baixos de correlação no presente estudo, e esses resultados nos têm mostrado a importância de cada método de estimativas de biomassa. Desta forma, conclui-se que combinações destas técnicas sejam propostas para contrariar as limitações dos diferentes métodos e se aproximem ao máximo do real, em termos da comunidade fitoplanctônica.

8. CONCLUSÕES

Foi possível estimar com confiança a biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico a partir das medidas do volume celular. Essas medidas foram muito bem relacionadas pois apresentaram altos valores de coeficiente de determinação por meio de análise de regressão.

Os grupos de algas que apresentaram o maior número de táxons e os maiores valores de biomassa em carbono foram Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Dinophyceae que reforça o que já é discutido na literatura, apesar de não apresentar um maior número de táxons a Classe Cyanophyceae se destacou com elevado valor de biomassa em carbono.

A biomassa em carbono do fitoplâncton autotrófico apresentou variação espaço – temporal ao longo da Bacia do Espírito Santo. No verão foi possível observar os maiores valores de biomassa em carbono em relação ao inverno, na subsuperfície a biomassa em carbono foi maior quando comparado a segunda profundidade e a biomassa em carbono do fitoplâncton foi maior na região da plataforma continental quando relacionado com a região do talude.

Apenas entre a biomassa em carbono e clorofila *a* do inverno, da plataforma continental no inverno e da região do talude no verão foi possível verificar relações significativas entre essas medidas de biomassa. Apesar de significativa essas relações foram baixas e esses resultados têm evidenciado a importância e limitações de cada método para estimar a biomassa da comunidade fitoplanctônica, sugerindo que as combinações de técnicas de estimativas de biomassa seriam a melhor proposta para contrariar as limitações dos diferentes métodos de estimativas de biomassa.

9. RECOMENDAÇÕES

Uma vez que a comunidade fitoplanctônica respondem rápido às alterações ambientais, sofrendo modificações na sua composição de espécies e biomassa. A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido frequentemente baseada na comunidade fitoplanctônica. Recomenda-se, estudos com a finalidade de conhecer a composição de espécies e biomassa, estudos que podem promover ações de conservação e de gestão ambiental dos ambientes marinhos, e principalmente da Bacia do Espírito Santo, bacia essa que vem sofrendo intensamente com os impactos ambientais.

Os conhecimentos obtidos através do desenvolvimento dessa dissertação, podem ser ampliados através de um trabalho de escala contínua. Onde recomenda-se trabalhos futuros que possam incorporar ao presente. Como por exemplo, trabalhos que visam caracterizar o detalhamento da relação da biomassa em carbono da comunidade fitoplanctônica com as variáveis abióticas, trabalhos taxonômicos e estudos contínuos, sistematizados e efetivos na Bacia do Espírito Santo.

10. REFERÊNCIAS

ABAYCHI, J.K.; RILEY, J.P. The determination of phytoplankton pigments by High-performance liquid chromatography. **Analytica Chimica Acta**. v. 64, p. 525-527, 1979.

AIDAR, E. et al. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. **Instituto Oceanográfico**. São Paulo, v. 10, p. 9-43, 1993.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K.A.D. **Erosão e progradação do litoral do Espírito Santo**. In: Muehe, D. C. E. H. (ed.) Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 227-264, 2006.

ANDERSON, D.M.; GLIBERT, P.M.; BURKHOLDER, J.M. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. **Estuaries**, v. 25, n. 4b, p. 704-726, 2002.

ASMUS, H.E.; GOMES, J.B.; PERREIRA, A. C. B. Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. In: **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia**, 1971, São Paulo, SGV. p. 235-252, 1971.

BALECH, E. **Los dinoflagelados del Atlântico Sudoccidental**. Instituto Espanõl de Oceanografia, Madrid. 1988.

BARROSO, G.F.; LITTLEPAGE, J. **Protocolo para análise de clorofila-a e feopigmentos pelo método fluorimétrico (Fluorímetro TD-700)**. Programa Brasileiro de Intercâmbio em Maricultura – Monitoramento Ambiental. Vitória. ES. Universidade Federal do Espírito Santo / University of Victoria: (s.n.). p. 21, 1998.

BAUDAUF, S.L. The deep roots of Eukaryotes. **SCIENCE**, v. 300, p. 1703-176, 2003.

BAUMANN, K.H.; ANDRULEIT, H.; BÖCKEL, B.; GEISEN, M.; KINKEL, H. The significance of extant coccolithophores as indicators of ocean water masses, surface water temperature, and palaeoproductivity: a review. **Paläontologische Zeitschrift**, v.79, p. 93-112, 2005.

BELLINGER, E.G. A note on the use of algal sizes in estimates of population standing crops. **British Phycological Journal**, v9, n. 2, p. 157-161, 1974.

BILLINGTON, N. A comparison of three methods of measuring phytoplankton biomass on a daily and seasonal basis. **Hydrobiologia**, v. 226,n. 1, p. 1-15, 1991.

BONECKER, A.C.T.; BONECHER, S.L.C.; BASSANI, C. Plâncton Marinho. In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. (Eds.) **Biologia Marinha**. Interciência. p. 103-125, 2009.

BOYCE, D.G.; LEWIS, M.R.; WORN, B. Does blending of chlorophyll data bias temporal trend?. **Nature**, v. 466, p. 591-596, 2010.

BRANDINI, F. P. Composição e distribuição do fitoplâncton na Região Sueste do Brasil e suas relações com as massas de água (Operação Sueste – julho/agosto 1982). **Ciência e Cultura**, v. 4, n. 40, p. 334-341, 1988.

BRANDINI, F.P. Produção primária e características fotossintéticas do fitoplâncton na região sueste do Brasil. **Boletim Instituto Oceanográfico**. São Paulo. v. 38, n. 2, p. 147-159, 1990.

BRANDINI, F.P.; MORAES, C.L.B. Composição e distribuição do fitoplâncton em áreas costeiras e oceânicas da região sueste do Brasil. **Revista Nerítica**, v.1, p. 9-19, 1986.

BRANDINI, F.P.; FERNANDES, L.F. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies. **Revista brasileira de Oceanografia**, v. 44, p.69-80, 1996.

BRIEN, C.J.O.; PELOQUIN, J.A.; VOGT, M.; HEINLE, M.; GRUBER, N.; AJANI, P.; ANDRULEIT, H.; ARÍSTEGUI, J.; BEAUFORT, L.; ESTRADA, M.; KARENTZ, D.; KOPCZYNSKA, E.; LEE, R.; POULTON, A.J.; PROTCHARD, T.; WIDDICOMBE, C. Global marine plankton functional type biomass distributions: Coccolithophores. **Earth System Science data**, v. 5, p. 259-276, 2013.

CAPONE, D.G.; ZEHR, J.P.; PAERL, B.B.; CARPENTER, E.J. Trichodesmium, a globally significant marine Cyanobacterium. **Science**, v. 276, p. 1221-1229, 1997.

CARPENTER, E.J.; CAPONE, D.G. Significance of Trichodesmium blooms in the marine nitrogen cycles. In: Carpenter, E.J., Capone, D.G., Rueter, J. (Eds.) **Marine Pelagic Cyanobacteria: Trichodesmium and other Diazotrophs**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 211-217, 1992.

CARPENTER, E.J.; SUBRAMANIAM, A.; CAPONE, D.G. Biomass and primary productivity of the cyanobacterium Trichodesmium spp. In the tropical N Atlantic Ocean. **Deep-Sea Research I** 51. p. 173-203, 2004.

CARVALHO, R.C.Q.; CUTRIM, M.V.J.; ESCHRIQUE, S.A.; AZEVEDO-CUTRIM, A.C.G.; MOREIRA, E.G.; SILVEIRA, P.C.A.; COÊLHO, J.M. Microphytoplankton composition, chlorophyll-*a* concentration and environmental variables of the Maranhão Continental Shelf, Northern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 2, p. 256-266, 2016.

CIOTTI, A.M.; ODEBRECHT, C.; FILLMANN, G.; MOLLER JR, O. Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on

the southern Brazilian continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 15, n. 14, p. 1737-1756, 1995.

CORNET-BARTHAUX, V.; ARMAND, L.; QUÉGUINER, B. Biovolume and biomass estimates of key diatoms in the Southern Ocean. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 48, p. 295-308, 2007.

CULLEN, J.J. The deep chlorophyll maximum: comparing vertical profiles of chlorophyll a. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 39, n. 5, p. 791-803, 1982.

CUNNINGHAM, K.A.; CAPONE, D.G. Superoxide Dismutase as a protective enzyme against oxygen toxicity: Na overview and initial studies in *Trichodesmium*. In: CARPENTER, E.J.; CAPONE, D.G.; RUETER, J.G. (Ed.). **Marine pelagic Cyanobacteria: Trichodesmium and other diazotrophs**. Nato ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, v. 362, p. 331-341, 1992.

CUPOLILLO, F.; ABREU, M.L.; VIANELLO, R.L. Climatologia da bacia do rio Doce e sua relação com a topografia local. **Geografias**, v. 4, n. 1, p. 45-60, 2008.

DESCY, J-P.; MÉTENS, A. Biomass-pigment relationships in potamoplankton. **Journal of Plankton Research**, v.18, n. 9, p. 1557-1566, 1996.

Dias, JR., C.1998. **Estudo do fitoplâncton em um reservatório de águas ácidas na região litorânea do Espírito Santo- Reservatório de águas claras (Espírito Santo, Brasil)**. PhD Thesis, Universidade Federal de São Carlos, Brazil.

DIAS Jr., C; BARROSO, G.F. Limnological studies of coastal lagoons in the south of Espírito Santo State (Brazil). **Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v.26, p. 1433–1437, 1998.

Dias JR. C.; Lázaro, G.C.S.; Lucas-Leal, P.S.; Macedo, A.R.D.C.; Oliveira, F.R.A. 2016. Estrutura da comunidade fitoplanctônica na bacia do Espírito Santo e porção norte da bacia de Campos: Distribuição espacial e temporal da densidade numérica, diversidade específica e composição taxonômica. In: PETROBRAS: **Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia do Espírito Santo e Parte Norte da Bacia de Campos PCR-ES/AMBES**, 2015.

ESTEVES, F.A.; SUZUKI, M.S. Comunidade fitoplanctônica. In: Esteves, F.A. (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 445, 2011.

EÇA, G.F.; LOPES, J.B.B.S.; SOUZA, M.F.L.; BELÉM, A.L. Dissolved inorganic nutrientes and chlorophyll on the narrow continental shelf of eastern Brazil, **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 1, p. 11-21, 2014.

EDLER, L. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea – phytoplankton and chlorophyll. **Baltic Marine Biologists**, v. 5, p. 1-39, 1979.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. Na introduction to pelagic system of the north - east and east Brazilian shelf. **Archives of Fishery Marine Research**, v. 47, p. 113-132, 1999.

EPPLEY, R.W.; ROGERS, J.N.; McCARTHY, J.J. Ligth/dark periodicity in nitrogen assimilation of the marine phytoplankters *Skeletonema costatum* and *Coccolithus huxleyi* in N-limited chemostat culture. **Journal of Phycology**, v. 7, p. 150-154, 1971.

ESTEVES, F.A.; SUZUKI, M.S. Comunidade fitoplanctônica. In: Esteves, F.A. (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 445, 2011.

FALKOWSKI, P.G.; KATZ, M.E.; KNOLL, A.H.; QUIGG, A.; AVEN, J.A.; SCHOFIELD, O.; TAYLOR, F..R. The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. **SCIENCE**, v. 305, p. 354-360, 2004.

FELIP, M.; CATALAN, J. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 1, p. 91-105, 2000.

FERNANDES, L.F.; BRANDINI, F.P. Comunidade microplanctônica no oceano Atlântico sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, p. 189-205, 1999.

FERNANDES, L.F.; BRANDINI, F.P. Diatom associations in shelf waters off Paraná state, southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. **Brazil Journal of Oceanography**, v. 52, p. 19-34, 2004.

FERREIRA, L.C.; CUNHA, M.G.G.S.; KOENING, M.L.; FEITOSA, F.A.N.; SANTIAGO, M.F.; MUNIZ, K. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 214-224, 2010.

FONSECA, B.M.; FERRAGUT, C.; TUCCI, A.; CROSSETTI, L.O.; FERRARI, F.; BICUDO, D.C.; SANT'ANNA, C.L.; BICUDO, C.E.M. Biovolume de cianobactérias e algas de reservatórios tropicais do Brasil com diferentes estados tróficos. **Hoehnea**, v. 41, p. 9-30, 2014.

GAETA, S.A.; RIBEIRO, S.M.S.; METZLER, P.M.; FRANCOS, M.S.; ABE, D.S. Environmental forcing on phytoplankton biomass and primary productivity of the coastal ecosystem in Ubatuba region, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 41, n.1, p. 11-27, 1999.

GAGE, J.D.; TYLER, P.A. Deep-sea biology: **A natural history of organisms at the Deep-Sea floor**. Cambridge University Press. 1991.

GARIBOTTI, I.A.; VERNET, M.; KOZLOWSKI, W.A.; FERRARIO, M.E. Composition and biomass of phytoplankton assemblages in coastal Antarctic waters: a comparison of chemotaxonomic and microscopic analyses. **Marine Ecology Progress Series**, v 247, p. 27-42, 2003.

GOSSELAIN, V.; HAMILTON, P.B.; DESCY, J.P. Estimating phytoplankton carbon from microscopic counts: an application for riverine systems. **Hydrobiologia**, v. 438, p. 75–90, 2000.

GRAHAM, L.E.; WILCOX, L.W. **Algae**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, p. 640, 2000.

HALLEGRAEFF, G.M. A comparison of different methods used for the quantitative evaluation of biomass of freshwater phytoplankton. **Hydrobiologia**, v. 55, n. 2, p. 145-165, 1977.

HARRIS, G.P. **Phytoplankton Ecology: Structure, Function, and Fluctuation**. Chapman and Hall, London, England, 1986.

HILLEBRAND, H.; DÜRSELEN, C.D.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal Phycologic**, v. 35, p. 403-424, 1999.

IRIGOIEN, X.; MEYER, B.; HARRIS, R.; HARBOUR, D. Using HPLC pigment to investigate phytoplankton taxonomy: the importance of knowing your species. **Helgoland Marine Research**, v58, p. 77-82, 2004.

JASPIRA, N. Cell volumes and carbon measurements in marine phytoplankton. *In*: Rao, S.D.V.; Ganapati, P.N.; Lafond, E.C., Humphrey, G.F. (eds.) **Pelagic Ecology Methodology**. Taylor & Francis. p. 333-357, 2002.

KLEIMA, F. J.; M. WENDLING, M.; HOFMANN, E.; PETERMAN, E.J.; VAN GRONDELLE, R.V.; VAN AMERONGEN, H. Peridinin chlorophyll a protein: relating structure and steady-state spectroscopy. **Biochemistry**, v. 39, p. 5184–5195, 2000.

LEÃO, B.A. **Biomassa, taxonomia e ecologia do fitoplâncton do estuário do rio Igarassu (Pernambuco, Brasil)**. 2004. 71p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

LEBLANC, K.; ARÍSTEGUI, J.; ARMAND, L.; ASSMY, P.; BEKER, B.; BODE, A.; BRETON, E.; CORNET, V.; GIBSON, J.; GOSSELIN, M.-P.; KOPCZYNSKA, E.; MARSHALL, H.; PELOQUIN, J.; PIONTKOVSKI, S.; POULTON, A.J.; QUÉGUINER, B.; SCHIEBEL, R.; SHIPE, R.; STEFELS, J.; VAN LEEUWE, M.A.; VARELA, M.; WIDDICOMBE, C.; YALLOP, M. A global diatom database – Abundance, biovolume and biomass in the world ocean. **Earth System and Science Data**, v. 1, p. 149-165, 2012.

LEE, R.E. Dinophyta. In: LEE, R.E. (Ed.). **Phycology**. Cambridge University Press, p. 262-303, 2008.

LIONARD, M.; MUYLAERT, K.; TACKX, M.; VYVERMAN, W. Evaluation of the performance of HPLC-CHEMTAX analysis for determining phytoplankton biomass and composition in a turbid estuary (Schelde, Belgium). **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 76, p. 809-817, 2008.

LITCHMAN, E.; KLAUSMEIER, C.A. Trait-Based community ecology of phytoplankton. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 39, p. 615-639, 2008.

LONGHURST, A.; SATHYENDRANATH, S. PLATT, T.; CAVERHILL, C. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. **Journal of Plankton Research**, v 17, n.6, p. 1245-1271, 1995.

LUBIANA, K.M.F.; DIAS Jr, C. The composition and new records of micro-and mesophytoplankton near the Vitória- Trindade seamount chain. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3, p. 1-18, 2016.

LUGO-VIZCAINO, B.M.; DÍAZ-RAMOS, J.R.; SÁNCHEZ-SUÁREZ, I.G. Biovolumen de algunas diatomeas cêntricas de la plataforma nororiental de Venezuela. **Acta Científica Venezolana**, v. 54, p. 88-96, 2003.

LUND, J.W.; KIPLING, C.; LE, C.D. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.

MALONE, T.C. Size-fractionated primary productivity of marine phytoplankton. In: Falkowshi P (ed.), **Primary productivity in the Sea. Brookhaven Symposia in Biology**, v. 31.p. 301-319. 1980.

MARINHO, M.M.; RODRIGUES, S.V. Phytoplankton of an eutrophic tropical reservoir: comparison of biomass estimated from counts with chlorophyll-a biomass from HPLC measurements. **Hydrobiologia**, v. 505, p. 77-88, 2003.

MENDEN-DAUER, S.; LESSARD, E. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protest plankton. **Limnology and Oceanography**, v. 45, p. 569-579, 2000.

MENDES, C.R.B.; ODEBRECHT, C.; TAVANO, V.M.; ABREU, P.C. Pigmento-basead chemotaxonomy of phytoplankton in the Patos lagoon estuary (Brazil) and adjacent coast. **Marine Biology Research**, p. 1-14, 2016.

MONTAGNES, D.J.S.; BERGES, J.A.; HARRISON, P.J.; TAYLOR, F.J.R. Estimating carbon, nitrogen, protein, and chlorophyll a from volume in marine phytoplankton. **Limnology and Oceanography**, v. 39, p.1044-1060, 1994.

MONTAGNES, D.J.S.; FRANKLIN, D.J. Effect of temperature on diatom volume, growth rate, and carbon and nitrogen content: Reconsidering some paradigms. **Limnology and Oceanography**, v. 46, p. 2008-2018, 2001.

MOSER, G.A.O; TAKANOHASHI, R.A.; BRAZ, M.C.; LIMA, D.T.; KIRSTEN, F.V.; GUERRA, J.V.; FERNANDES, A.M.; POLLERY, R.C.G. Phytoplankton spatial distribution on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul river to Cabo Frio. **Hydrobiologia**, v. 728, p. 1-21, 2014.

MULLIN, M.M.; SLOAN, P.R.; EPPLEY, R.W. Relationship between carbon content, cell volume, and area in phytoplankton. **Limnology and Oceanography**, v. 11, p. 307-311, 1966.

MUNIR, S. et al. Morphometric forms, biovolume and cellular carbon content of dinoflagellates from polluted water on the Karachi coast, Pakistan. **Indian Journal of Geo-Marine Science**, v. 44, p. 19-25, 2015.

NAZ, T. et al. Biovolume and biomass of common diatom species from the coastal waters of Karachi, Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, p. 325-328, 2013.

OLENINA, I.; HAJDU, S.; EDLER, L.; ANDERSSON, A.; WASMUND, N.; BUSCH, S.; GÖBEL, J.; GROMISZ, S.; HUSEBY, S.; HUTTUNEN, M.; JAANUS, A.; KOKKONEN, P.; LEDAINE, I. & NIEMKIEWICZ, E. Biovolume and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. **Helcom Balt. Sea Environment Proceedings**, v. 106, p. 1-144, 2006.

OLSON, R. J.; VAULOT, D.; CHISHOLM, S. W. Marine phytoplankton distributions measured using shipboard flow cytometry. **Deep-Sea Research**. v. 32, n.10, p.1273-1280, 1985.

PEARL, H.W. Marine plankton. In: Whitton BA, Potts M. (eds.). **The ecology of Cyanobacteria: Their diversity in time and space**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 121-148, 2000.

PEDROSA, P.; SUZUKI, M.S.; ANDRADE, L.; SILVEIRA, I.C.A.; SCHIMIDT, A.C.K.; FALCÃO, A.P.; LAVRADO, H.P.; REZENDE, C.E. Hidroquímica de massas d' água oceânicas em regiões da margem continenta brasileira, Bacia de Campos, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Geochemica Brasiliensis**, v. 20, n. 1, p. 101-119, 2006.

PORK, M.; MILIUS, A. Seasonal changes in phytoplankton biomass of some eutrophic lakes. **Izvestiya Akademii Nauk**, v. 27, p. 38-45, 1978.

POTAPOVA, M.; SNOEIJIS, P. The natural life cycle in wild populations of *Diatoma moliniformis* (Bacillariophyceae) and its disruption in an aberrant environment. **Journal Phycologic**, v. 33, p. 924-937, 1997.

PROENÇA, L.A.O.; FONSECA, R.S.; PINTO, T.O. As microalgas. In: PROENÇA, L.A.O.; FONSECA, R.S.; PINTO, T.O. (Eds.) **Microalgas em áreas de cultivo do litoral de Santa Catarina**. Rima. p. 19-64, 2011.

RIBEIRO-QUEIROZ, A.R.; KOENING, M.L.; GASPAR, F.L. Cell biovolume and biomass in carbon of microphytoplankton species of oceanic regions, equatorial atlantic. **Tropical Oceanography**, v. 42, p.131-144, 2014.

RODRIGUES, S.V.; MARINHO, M.M.; JONCK, C.C.C; GONÇALVES, E.S.; BRANT, V.F.; PARANHOS, R.; CRUBELO, M.P.; FALCÃO, A.P. Phytoplankton community structures in shelf and oceanic Waters off southeast Brazil (20° - 25°), as determined by pigment signatures. **Deep-Sea Research I**, v. 88, p. 47-62, 2014.

SCHAEFFER, L. R. **Distribuição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma área de malacultura no município de Anchieta – ES**. 2007. 122 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (Área: Fisiologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

SCHLÜTER, L.; HAVSKUM, H. Phytoplankton pigments in relation to carbon content in phytoplankton communities. **Marine Ecology Progress Series**, v. 155, p. 55-65, 1997.

SILVA, N.M.L; VALENTIN, J.L.; BASTOS, E.T. O microfitoplâncton das águas costeiras do litoral Fluminense (Estado do Rio de Janeiro): Lista de espécies e aspectos ecológicos. **Boletim Instituto Oceanográfico**, v. 36, n. (1/2), p. 1-16, 1988.

SMETACEK, V. Diatoms and the ocean carbon cycle. **Protist**, v. 15, n. 25, p. 25-32, 1999.

SOURNIA, A. Morphological base of competition and succession. **Canadian Bulletin of Fisheries Aquatic Sciences**, v. 210, p. 339-346, 1981.

SOUZA, E.M. Biomassa e estrutura da comunidade fitoplanctônica dos ecossistemas do banco de Abrolhos, adjacências e no Atlântico Sul (Brasil x África). **Tese de Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Biológica**, Universidade de São Paulo – USP, 2011. 142p.

STANISZEWSKA, M.; NEHRING, I.; ZGRUNDO, A. The role of phytoplankton composition, biomass and cell volume in accumulation and transfer of endocrine disrupting compounds in the Southern Baltic Sea (The Gulf of Gdansk). **Environmental Pollution**, v. 207, p. 319-328, 2015.

STRATHMANN, R.R. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 411-418, 1967.

SUN, L.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331-1346, 2003.

TAKANOHASHI, R.A.; MOSER, G.A.O.; FERNANDES, M.A.; ENRICH-PRAST, A.; POLLERY, R.C.G. Nutrients and chlorophyll-a distribution over the continental margin between Cabo Frio (RJ) and Ubatuba (SP), southeastern Brazil: winter of 2010. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 19, n. 3, p. 31-41, 2015.

TEIXEIRA, C.; GAETA, S.A. Contribution of picoplankton to primary production in estuarine, coastal and equatorial Waters of Brazil. **Hidrobiologia**, v. 209, p. 117-122, 1991.

TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J. Primary production and phytoplankton in equatorial waters. **Instituto Oceanográfico de São Paulo**, n. 232, p. 884-891, 1967.

TENENBAUM, D. R. **O fitoplâncton numa região tropical costeira impactada pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil)**. 1995. 245 f. Tese de doutorado – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Paulo, 1995.

TENENBAUM, D. R. **Dinoflagelados e tintinídeos da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira: Guia de identificação**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006.

TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T.; GUIMARÃES, G. P. Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro. In: VALENTIN, J. L. **Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ)**. Série Documentos REVIZEE/SCORE Central. Brasília: Ideal gráfica, p. 83-124, 2007.

THORNTON, D. C. O. Primary Production in the Ocean. In: NAJAFPOUR, M. M. (Ed.). **Advances in Photosynthesis - Fundamental Aspects**. Rijeka, Croatia: Intech. p. 563–588, 2012.

TING, C.S.; ROCAP, G.; KING, J.; CHISHOLM, S.W. Cyanobacterial photosynthesis in the oceans: the origins and significance of divergent light-harvesting strategies. **Trends in Microbiology**, v.10, p. 134-141, 2002.

Tomas, C. R. **Identifying marine phytoplankton**. San Diego: Academic Press. 1997.

TRÉGUER, P.; NELSON, D.M.; Van Bennekem, A.J.; DEMASTER, D.J.; LEYNAERT, A.; QUÉGUINER, B. The silica balance in the world ocean: A reestimate, **SCIENCE**, v. 268, p. 375-379, 1995.

UEHLINGER V. **Étude statistique des methods de dénombrement planctonique**. Archaeological Science 17:121-123, 1964.

UENOJO, M.; JUNIOR, M.R.M.; PASTORE, G.M. 2007. Carotenóides: Propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Quimica nova**, v. 30, p. 616-622, 2007.

UTHERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Metodik. **Mitteilung Internationale Vereinigung fuer Theoretische unde Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VADRUCI, M.R.; CABRINI, M.; BASSET, A. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion. **Transition Waters Bulletin**, v. 2, p. 83-102, 2007.

VADRUCI, M.R.; MAZZIOTTI, C.; FIOCCA, A. Cell biovolume and surface area in phytoplankton of Mediterranean transitional water ecosystems: methodological aspects. **Transition Waters Bulletin**, v.7, p. 100-123, 2013.

VAN BAALEN, C.; BROWN, R.M. The ultrastructure of the marine blue-green alga, *Trichodesmium erythraeum*, with special reference to the cell wall, gas

vacuoles, and cylindrical bodies. **Archives of Microbiology**, v. 69, p. 79-91, 1969.

VAN HEUKELEM, L.; THOMAS, C.S. Computer-assisted high-performance liquid chromatography method development with applications to the isolation and analysis of phytoplankton pigments. **Journal of Chromatography A**, v. 910, p. 31-49, 2001.

VERITY, P.G.; ROBERTSON, C.Y.; TRONZO, C.R.; ANDREWS, M.G.; NELSON, J.R.; SIERACKI, M.G. Relationships between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton. **Limnology and Oceanography**, v. 37, n. 7, p. 1434 - 1446, 1992.

VÖRÖS, L.; PADISÁK, J. Phytoplankton biomass and chlorophyll a in some shallow lakes in central Europe. **Hydrobiologia**, v. 215, p. 111-119, 1999.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analysis**. Philadelphia: WB Saunders CO., 1979.

WILSON, C.; QIU, X. Global distribution of summer chlorophyll blooms in the oligotrophic gyres. **Progress in Oceanography**, v. 78, p. 107- 134, 2008.

WRIGHT, S.W.; JEFFREY, S.W. High resolution HPLC system for chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton. In: Jeffrey et al. (Eds.) **Phytoplankton pigments in oceanography**, UNESCO, p. 327-341, 1997.

YANG, T.N.; WEI, K.Y.; GONG, G.C. Distribution of coccolithophorids coccoliths in surface ocean off northeastern Taiwan. **Botanical Bulletin-Academia Sinica**, v. 42, p. 287-302, 2001.

YODER, J.A.; KENNELLY, M. Seasonal and ENSO variability in global ocean phytoplankton chlorophyll derived from 4 years of SeaWiFS measurements. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 17, n. 4, p. 1-14, 2003.

ZOFFOLI, M.L.; KAMPEL, M.; FONSECA, L.M.G. Caracterização da pluma de sedimentos do rio Doce (ES) utilizando dados TM- Landsat 5. In: **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, 2011, Curitiba.p. 5025-5031, 2011.

ANEXOS

ANEXO 1: Lista dos táxons identificados ao nível mínimo de Gênero, dados do biovolume ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$) e biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$) no Inverno.

Divisão ou Classe	Espécies ou Gêneros	Forma Geométrica	Biovolume Total ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$)	Biomassa em Carbono Total ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$)
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> sp1	Cymbeloide	71470	8052
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> sp2	Cymbeloide	1805753	149800
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> cf. <i>paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson	Paralelepípedo ou Caixa retangular	8027693	757876
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> sp1	Paralelepípedo ou Caixa retangular	2542454	296698
Bacillariophyceae	<i>Campylodiscus decorus</i> Brébisson	Prisma na base elíptica	806994	69989
Bacillariophyceae	<i>Cocconeis</i> sp1	Prisma na base elíptica	356917	50367
Bacillariophyceae	cf. <i>Cylindrotheca</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	2742769	281757
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	Esferoide Prolado	726320	125033
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> sp1	Esferoide Prolado	9991	1765
Bacillariophyceae	<i>Cymbella</i> sp.	Cymbeloide	799483	105494
Bacillariophyceae	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	Prisma na base elíptica com constricção transapical	25187762	2618634
Bacillariophyceae	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	Prisma na base elíptica com constricção transapical	315121	35825
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp1	Prisma na base elíptica com constricção transapical	1346399	125614
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp2	Prisma na base elíptica com constricção transapical	688450	92997
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp3	Prisma na base elíptica com constricção transapical	75856	8494
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp4	Prisma na base elíptica com constricção transapical	2507104	192602
Bacillariophyceae	<i>Frustulia</i> sp.	Prisma na base do paralelograma	58827	6707
Bacillariophyceae	<i>Mastogloia</i> sp.	Prisma na base elíptica	168355	23507
Bacillariophyceae	<i>Navicula lyra</i> Ehrenberg	Prisma na base elíptica	1214581	163721
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	71590	8764
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard	Esferoide Prolado	1242290	169830
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>nicobarica</i> (Grunow) Grunow	Prisma na base elíptica com constricção transapical	2408176	301714

ANEXO 1. Continuação

Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>tryblionella</i> Hantzsch in Rabenhorst	Prisma na base do paralelograma	2251021	176420
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard	Esferoide Prolado	4480	714
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia panduriformis</i> W.Gregory	Prisma na base elíptica com constricção transapical	22765908	2002028
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp1	Prisma na base elíptica com constricção transapical	6400493	657453
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	351519	32195
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp3	Prisma na base do paralelograma	1766244	223960
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp4	Prisma na base do paralelograma	44905	5349
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp5	Prisma na base do paralelograma	50159752	3531501
Bacillariophyceae	<i>Pinnularia</i> sp1	Prisma na base elíptica	13318702	1006139
Bacillariophyceae	<i>Pinnularia</i> sp2	Prisma na base elíptica	23714913	1374743
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	85847520	7045266
Bacillariophyceae	<i>Psammodictyon</i> sp1	Prisma na base elíptica com constricção transapical	94851338	7351506
Bacillariophyceae	<i>Psammodictyon</i> sp2	Prisma na base elíptica com constricção transapical	26396734	2207755
Bacillariophyceae	<i>Psammodictyon</i> sp3	Prisma na base elíptica com constricção transapical	800534	119758
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>subcurvata</i> (Hasle) G.A.Fryxell in Hasle	Prisma na base do paralelograma	18629	2887
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	10298	1638
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	180817	24888
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp3	Prisma na base do paralelograma	2984909	354301
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp4	Prisma na base do paralelograma	6848678	917233
Bacillariophyceae	<i>Stauroneis</i> sp.	Prisma na base do paralelograma	11083301	641371

ANEXO 1. Continuação

Bacillariophyceae	<i>Stenopteroberia</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	98787	15884
Bacillariophyceae	<i>Stenopteroberia</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	157411	15792
Bacillariophyceae	cf. <i>Stenopteroberia</i> sp3	Prisma na base do paralelograma	3189619	393171
Bacillariophyceae	<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg	Prisma na base elíptica	4721648	443042
Bacillariophyceae	<i>Surirella</i> sp1	Prisma na base elíptica	1682655	156389
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i> sp.	Esferoide Prolado/esfera	111211	26485
Chlorophyceae	<i>Desmodesmus</i> sp1	Esferoide Prolado	1035	347
Chlorodendrophyceae	<i>Tetraselmis</i> sp1	Esferoide Prolado	105217	25847
Coccolithophyceae	<i>Algirosphaera</i> sp1	Esferoide Prolado	55728583	5972837
Coccolithophyceae	<i>Calciosolenia</i> sp1	Cilindro na vista da cintura	8816951	1254929
Coccolithophyceae	<i>Coronosphaera</i> sp.	Esfera	326280845	37325827
Coccolithophyceae	<i>Discosphaera</i> sp.	Esfera	467976	114270
Coccolithophyceae	<i>Halopappus</i> sp.	Cone	967368	163235
Coccolithophyceae	<i>Helicosphaera</i> cf. <i>carteri</i> (Wallich) Kamptner	Esferoide Prolado	4448325	591719
Coccolithophyceae	<i>Michaelsarsia</i> sp.	Esfera	934231	137737
Coccolithophyceae	<i>Rhabdosphaera</i> cf. <i>clavigera</i> G.Murray & Blackman	Esfera	761056	139766
Coccolithophyceae	<i>Scyphosphaera</i> sp.	Esfera	884106	106607
Coccolithophyceae	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>prolongata</i> Gran ex Lohmann	Cone	3087101	420931
Coccolithophyceae	<i>Umbellosphaera</i> sp.	Esfera	1330046	258040
Coscinodiscophyceae	<i>Actinopterychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs in Pritchard	Cilindro	767785	84835
Coscinodiscophyceae	<i>Actinopterychus undulatus</i> (Kützinger) Ralfs in Pritchard	Cilindro	11860476	1061409
Coscinodiscophyceae	<i>Asteromphalus hookeri</i> Ehrenberg	Cilindro	573034	49331
Coscinodiscophyceae	<i>Asteromphalus</i> sp1	Cilindro	6962523	574116
Coscinodiscophyceae	<i>Asteromphalus</i> sp2	Cilindro	283536	26276
Coscinodiscophyceae	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	Cilindro na vista da cintura	119874198	10817722
Coscinodiscophyceae	<i>Bacteriastrum</i> sp1	Cilindro na vista da cintura	48700149	4198332
Coscinodiscophyceae	<i>Bacteriastrum</i> sp2	Cilindro na vista da cintura	96219485	8308033
Coscinodiscophyceae	<i>Cerataulina</i> cf. <i>bicornis</i> (Ehrenberg) Hasle	Cilindro na vista da cintura	106604673	7815235
Coscinodiscophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	Cilindro na vista da cintura	798569	84255
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	Cilindro	996594	118266
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	Cilindro	2969676	316910
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros brevis</i> F.Schütt	Cilindro	2088613	228836
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros didymus</i> var. <i>anglicus</i> (Grunow) Gran	Cilindro	8754826	1032218
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	Cilindro	30833948	3018009
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	Cilindro	404309	54128
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp1	Cilindro	17292800	1990416

ANEXO 1. Continuação

Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp2	Cilindro	23370	3004
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp3	Cilindro	26965	3779
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp4	Cilindro	4764669	525490
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp5	Cilindro	1186843	156819
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp6	Cilindro	1240799	169215
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp9	Cilindro	193435	25277
Coscinodiscophyceae	<i>Climacodium</i> sp.	Prisma elíptico + 4 Cones	4160926	301053
Coscinodiscophyceae	<i>Corethron</i> cf. <i>hystrix</i> Hensen	Cilindro + 2 meia esferas	84956	9316
Coscinodiscophyceae	<i>Corethron criophilum</i> Castracane	Cilindro + 2 meia esferas	1963132	155965
Coscinodiscophyceae	<i>Corethron</i> sp.	Cilindro + 2 meia esferas	9937377	583276
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	Cilindro	441782012	26755830
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg	Cilindro	18131374	1695682
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus</i> sp1	Cilindro	6369202	478002
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	Cilindro	6791219	417639
Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle in Hasle & Syvertsen	Cilindro na vista da cintura	625150	52648
Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (B.G.Sundström) G.R.Hasle in Hasle & Syvertsen	Cilindro na vista da cintura	256854	27891
Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen</i> sp1	Cilindro na vista da cintura	177312	22745
Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen</i> sp2	Cilindro na vista da cintura	6383909	438913
Coscinodiscophyceae	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow in Van Heurck	Prisma elíptico + 4 Cones	13883101	1397251
Coscinodiscophyceae	<i>Eucampia</i> sp1	Prisma elíptico + 4 Cones	2456590	195798
Coscinodiscophyceae	<i>Eucampia</i> sp2	Prisma elíptico + 4 Cones	507224	48624
Coscinodiscophyceae	<i>Guinardia cylindrus</i> (Cleve) Hasle	Cilindro na vista da cintura	2843498	242792
Coscinodiscophyceae	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo	Cilindro na vista da cintura	76806297	4720769
Coscinodiscophyceae	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle in Hasle & Syvertsen	Cilindro na vista da cintura	38791737	2961180
Coscinodiscophyceae	<i>Helicotheca</i> sp.	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	8775719	526587
Coscinodiscophyceae	<i>Helicotheca tamesis</i> (Shrubsole) M. Ricard	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	38861248	2907302
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp4	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	15195311	1401835
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	13187623	1200693
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	5108850	394147
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	52490900	4200589
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp1	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	413299	40374

ANEXO 1. Continuação

Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp2	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	2253748	161377
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp3	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	12415771	980769
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp5	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	2988558	223765
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp5	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	213933314	14790352
Coscinodiscophyceae	<i>Hyalodiscus</i> sp.	Esferoide Prolado	5892359	577518
Coscinodiscophyceae	<i>Isthmia enervis</i> Ehrenberg	Cilindro + 2 cones	5434471	349770
Coscinodiscophyceae	<i>Lauderia borealis</i> Gran	Cilindro na vista da cintura	59814045	4136613
Coscinodiscophyceae	<i>Melosira nummoloidea</i> C.Agardh	Cilindro na vista da cintura	5730666	703193
Coscinodiscophyceae	<i>Melosira</i> sp1	Cilindro na vista da cintura	2987812	295065
Coscinodiscophyceae	<i>Melosira</i> sp2	Cilindro na vista da cintura	906646	114681
Coscinodiscophyceae	<i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg) Kützing	Cilindro na vista da cintura	14373889	1844855
Coscinodiscophyceae	<i>Neocalyptrella robusta</i> (G.Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo	Cilindro + 2 cones	85906678	3831931
Coscinodiscophyceae	<i>Odontella mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Grunow	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	124570576	9504667
Coscinodiscophyceae	<i>Proboscia alata</i> var1 (Brightwell) Sundström	Cilindro na vista da cintura	21460975	1959715
Coscinodiscophyceae	<i>Pseudoguinaridia</i> cf. <i>recta</i> von Stosch	Cilindro	1829285035	118564978
Coscinodiscophyceae	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström	Cilindro na vista da cintura	37228331	1845764
Coscinodiscophyceae	<i>Rhizosolenia formosa</i> H. Peragallo	Cilindro na vista da cintura	542125101	23191299
Coscinodiscophyceae	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey	Cilindro na vista da cintura	176247	17423
Coscinodiscophyceae	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	Cilindro na vista da cintura	5595376	424445
Coscinodiscophyceae	<i>Rhizosolenia styliformis</i> T.Brightwell	Cilindro na vista da cintura	29504797	2386915
Coscinodiscophyceae	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	Cilindro + 2 meia esferas	84489	11681
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>hyalina</i> (Grunow) Gran	Cilindro	3285500	344230
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp1	Cilindro	4461336	496740
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp2	Cilindro	154298	20163
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp3	Cilindro	160533396	14264178
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	Esfera	16813604	2033659
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i> f. <i>rhombica</i> P.Schulz	Esfera	3718447	411817
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> sp1	Esfera	26822606	2935016
Cyanophyceae	<i>Merismopedia</i> sp.	Esferoide Prolado	37055	12945

ANEXO 1. Continuação

Cyanophyceae	<i>Synechococcus</i> sp.	Esferoide Prolado	36042	12784
Cyanophyceae	<i>Synechocystis</i> sp1	Esfera	3114300	1011096
Cyanophyceae	<i>Synechocystis</i> sp2	Esfera	26004	9707
Dinophyceae	<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich	Cone Duplo	842518	102728
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> sp1	Cone	559849	67013
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> sp1	Esferoide Prolado/elipsoide	287706	34901
Dinophyceae	<i>Gonyaulax</i> sp.	Cone Duplo	955109	118463
Dinophyceae	<i>Gonyaulax turbynei</i> Murray & Whitting	Cone + Meia Esfera	3520239	392417
Dinophyceae	<i>Gymnodinium cf. catenatum</i> H.W.Graham	Esferoide Prolado	1549999	203130
Dinophyceae	<i>Gymnodinium coeruleum</i> H.W.Graham	Esferoide Prolado	9440604	918217
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp1	Esferoide Prolado	8212393	953763
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp2	Meio elipsoide + Cone na base elipsoide	88590	12347
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp3	Esferoide Prolado	3422588	388432
Dinophyceae	<i>Neoceratium aff. pentagonum</i> var. <i>pentagonum</i> (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	362679	43441
Dinophyceae	<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	873970	103350
Dinophyceae	<i>Neoceratium cf. teres</i> (Kofoid) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	254474	31080
Dinophyceae	<i>Neoceratium declinatum</i> var. <i>tenerum</i> (Jörg.) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	480295	56470
Dinophyceae	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	1508092	188784
Dinophyceae	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Cone Duplo	1922238	221942
Dinophyceae	<i>Neoceratium horridum</i> (Cleve) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	139364	17680
Dinophyceae	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	16299125	1657560
Dinophyceae	<i>Neoceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> Jørgensen	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	119907	15280
Dinophyceae	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia 2010	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	2969514	333144
Dinophyceae	<i>Neoceratium tripos tripos</i> (O.F.Müller) F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia 2010	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	5166816	549822
Dinophyceae	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting	Cone Duplo	2931131	335200
Dinophyceae	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein	Cone Duplo	247261	31451
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> sp1	Cone Duplo	7676083	839519
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> sp2	Cone Duplo	1803068	243484

ANEXO 1. Continuação

Dinophyceae	<i>Podolampas elegans</i> Schütt	Cone	389432	46311
Dinophyceae	<i>Podolampas spinifera</i> Okamura	Cone	519340	66863
Dinophyceae	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	Cone + Meio Elipsoide	3743341	439053
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	Cone + Meio Elipsoide	275338	34945
Dinophyceae	<i>Pyrocystis fusiformis</i> C.W.Thomson in J.Murray	Cone Duplo	3811378	411412
Dinophyceae	<i>Pyrocystis obtusa</i> Pavillard	Monoraphidioide	3442236	402095
Dinophyceae	<i>Pyrophacus</i> sp.	Esferoide Prolado/elipsoide	160425659	13177903
Pedinophyceae	cf. <i>Resultor</i> sp.	Esfera	160172	33107
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> cf. <i>acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	Cilindro + 2 cones	7915756	1060623
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp1	Esferoide Prolado	98117	14420
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp2	Cone + Cilindro	12565193	1511494
Euglenophyceae	<i>Eutreptia</i> sp1	Cone + Cilindro	1401757	174227
Euglenophyceae	<i>Eutreptiella</i> sp.	Esferoide Prolado	77231	10566
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas</i> sp1	Esfera	143768	25388
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas</i> sp2	Esfera	1003978	120337
Fragilariophyceae	<i>Asterionellopsis</i> sp.	Paralelepípedo ou Caixa retangular	5232858	648840
Fragilariophyceae	<i>Bleakeleya notata</i> (Grunow) Round in Round, Crawford & Mann	Paralelepípedo ou Caixa retangular	1385606	131307
Fragilariophyceae	<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) G.W.Andrews	Prisma na base elíptica	843331	148658
Fragilariophyceae	<i>Lioloma</i> cf. <i>pacificum</i> (Cupp) Hasle in Hasle & Syvertsen	Paralelepípedo ou Caixa retangular	92683	10039
Fragilariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle in Hasle & Syvertsen	Paralelepípedo ou Caixa retangular	3013455	233887
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp1	Prisma na base elíptica	299476	44084
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp2	Prisma na base elíptica	527557	65383
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp3	Paralelepípedo ou Caixa retangular	27671	4022
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp4	Paralelepípedo ou Caixa retangular	679455	83682
Fragilariophyceae	cf. <i>Synedra</i> sp5	Paralelepípedo ou Caixa retangular	241856	37783
Fragilariophyceae	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	Prisma na base elíptica	3117317	256100
Fragilariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	Paralelepípedo ou Caixa retangular	4974347	836886
Fragilariophyceae	<i>Thalassionema</i> sp1	Paralelepípedo ou Caixa retangular	2903458	445925
Fragilariophyceae	<i>Thalassionema</i> sp2	Paralelepípedo ou Caixa retangular	168305	28141

ANEXO 1. Continuação

Fragilariophyceae	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grunow) Grunow	Paralelepípedo ou Caixa retangular	252429220	23981584
Synurophyceae	<i>Mallomonas</i> sp.	Esfera	46020	8119
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp1	Elipsoide flattened (d1=12; d2=10) ou Elipsoide	368694	48455
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp2	Esferoide Prolado	160449	20114
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp3	Elipsoide H=1/2L	564849	71520
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp4	Cone Duplo	53227	7153

ANEXO 2: Lista dos táxons identificados ao nível mínimo de Gênero, dados do biovolume ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$) e biomassa em carbono ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$) no Verão.

Divisão ou Classe	Espécies ou Gêneros	Forma Geométrica	Biovolume Total ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cél}^{-1}$)	Biomassa em Carbono Total ($\text{pgC} \cdot \text{cél}^{-1}$)
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> cf. <i>spectabilis</i> Gregory	Cymbeloide	238577	24891
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> sp1	Cymbeloide	129030	14537
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> sp1	Paralelepípedo ou Caixa retangular	4307813	502711
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	Esferoide Prolado	914911	157498
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> sp1	Esferoide Prolado	24039	4247
Bacillariophyceae	cf. <i>Cylindrotheca</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	2468761	253609
Bacillariophyceae	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	Prisma na base elíptica com constricção transapical	9941004	1033512
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp2	Prisma na base elíptica com constricção transapical	368906	49833
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp3	Prisma na base elíptica com constricção transapical	2174418	243471
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp4	Prisma na base elíptica com constricção transapical	2453988	188522
Bacillariophyceae	<i>Donkinia</i> sp.	Prisma na base do paralelograma	227944	23850
Bacillariophyceae	<i>Fragilariopsis kerguelensis</i> (O'Meara) Hustedt	Prisma na base do paralelograma	171990	21326
Bacillariophyceae	<i>Mastogloia fimbriata</i> (T.Brightwell) Grunow	Prisma na base elíptica	5727752	432595
Bacillariophyceae	<i>Mastogloia</i> sp.	Prisma na base elíptica	13562	1894
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	207618	25416
Bacillariophyceae	Naviculales 1	Prisma na base do paralelograma	19280109	1870514
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia braarudii</i> G.R.Hasle	Prisma na base do paralelograma	22230	3646
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard	Esferoide Prolado	1282084	175270
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>nicobarica</i> (Grunow) Grunow	Prisma na base elíptica com constricção transapical	58358	7312
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard	Esferoide Prolado	129357	20612

ANEXO 2. Continuação

Bacillariophyceae	<i>Nitzschia panduriformis</i> W.Gregory	Prisma na base elíptica com constricção transapical	1735375	152608
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia reversa</i> W.Smith	Prisma na base do paralelograma	15367184	1677536
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia socialis</i> Gregory	Prisma na base do paralelograma	180096	18066
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	649731	59508
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> sp3	Prisma na base do paralelograma	1027125	130239
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia turgidula</i> Hustedt	Prisma na base do paralelograma	1425960	185413
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	23730469	1947493
Bacillariophyceae	<i>Psammodictyon</i> sp2	Prisma na base elíptica com constricção transapical	64936978	5431161
Bacillariophyceae	<i>Psammodictyon</i> sp3	Prisma na base elíptica com constricção transapical	362152	54177
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	28512	4536
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	347655	47851
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp3	Prisma na base do paralelograma	2050390	243376
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp4	Prisma na base do paralelograma	958750	128404
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp5	Prisma na base do paralelograma	117645	19592
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp6	Prisma na base do paralelograma	1398360	169883
Bacillariophyceae	<i>Stenopterobia</i> sp1	Prisma na base do paralelograma	299501	48157
Bacillariophyceae	<i>Stenopterobia</i> sp2	Prisma na base do paralelograma	2190000	219703
Bacillariophyceae	cf. <i>Stenopterobia</i> sp3	Prisma na base do paralelograma	498340	61428
Bacillariophyceae	<i>Surirella</i> sp2	Prisma na base elíptica	10554074	680610
Chlorodendrophyceae	<i>Pachysphaera</i> sp1	Esfera	1070	275
Chlorodendrophyceae	<i>Pachysphaera</i> sp2	Esfera/Esferoide Prolado	3149	803
Chlorodendrophyceae	<i>Tetraselmis</i> cf. <i>striata</i> Butcher	Esferoide Prolado	963	250
Chlorodendrophyceae	<i>Tetraselmis</i> sp1	Esferoide Prolado	245226	60240
Chlorodendrophyceae	<i>Tetraselmis</i> sp3	Esferoide Prolado	15751	3760
Chlorodendrophyceae	cf. <i>Tetraselmis</i> sp5	Esferoide Prolado	38102	9263
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i> sp.	Esferoide Prolado/esfera	596431	142043
Chlorophyceae	<i>Dunaliella</i> sp.	Esferoide Prolado	566	157

ANEXO 2. Continuação

Coccolithophyceae	<i>cf. Acanthoica</i> sp.	Esferoide Prolado	366131	50317
Coccolithophyceae	<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud) Deflandre	Esfera	49087	8225
Coccolithophyceae	<i>Calciosolenia</i> sp1	Cilindro na vista da cintura	5348809	761303
Coccolithophyceae	<i>Coronosphaera</i> sp.	Esfera	2412743	276013
Coccolithophyceae	<i>Discosphaera</i> sp.	Esfera	571835	139630
Coccolithophyceae	<i>Halopappus</i> sp.	Cone	1622878	273846
Coccolithophyceae	<i>Helicosphaera</i> cf. <i>carteri</i> (Wallich) Kamptner	Esferoide Prolado	1645566	218894
Coccolithophyceae	<i>Michaelsarsia</i> sp.	Esfera	8177046	1205567
Coccolithophyceae	<i>Rhabdosphaera</i> cf. <i>clavigera</i> G.Murray & Blackman	Esfera	1402721	257606
Coccolithophyceae	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>prolongata</i> Gran ex Lohmann	Cone	3423079	466743
Coccolithophyceae	<i>Umbellosphaera</i> sp.	Esfera	22236749	4314109
Coscinodiscophyceae	<i>Lauderia borealis</i>	Cilindro na vista da cintura	8262209	571397
Coscinodiscophyceae	<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs in Pritchard	Cilindro	396442	35892
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	Cilindro	223810	23884
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros brevis</i> F.Schütt	Cilindro	274139	30036
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten	Cilindro	67180	9070
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros pelagicus</i> Cleve	Cilindro	789718	71139
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten	Cilindro	1391974	137848
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	Cilindro	97789	13092
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp24	Cilindro	181181	22135
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp7	Cilindro	2474004	239657
Coscinodiscophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp8	Cilindro	224483	21762
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	Cilindro	32393937	1961888
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg	Cilindro	17371751	1624641
Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus</i> sp2	Cilindro	1917694	139857
Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (B.G.Sundström) G.R.Hasle in Hasle & Syvertsen	Cilindro na vista da cintura	293714	31893
Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen</i> sp1	Cilindro na vista da cintura	27172	3485

ANEXO 2. Continuação

Coscinodiscophyceae	<i>Dactyliosolen</i> sp2	Cilindro na vista da cintura	5899856	405633
Coscinodiscophyceae	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow in Van Heurck	Prisma elíptico + 4 Cones	3702324	372617
Coscinodiscophyceae	<i>Eucampia</i> sp 1	Prisma elíptico + 4 Cones	5546480	442072
Coscinodiscophyceae	<i>Guinardia cylindrus</i> (Cleve) Hasle	Cilindro na vista da cintura	1244071	106225
Coscinodiscophyceae	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle in Hasle & Syvertsen	Cilindro na vista da cintura	2945243	224826
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	33250617	2565280
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	9516743	761578
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp1	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	4279806	418079
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp2	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	9134470	654063
Coscinodiscophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp7	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	39817143	4051649
Coscinodiscophyceae	<i>Lauderia borealis</i> Gran	Cilindro na vista da cintura	8262209	571397
Coscinodiscophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	Cilindro na vista da cintura	767445	92675
Coscinodiscophyceae	<i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg) Kützing	Cilindro na vista da cintura	3043537	390631
Coscinodiscophyceae	<i>Odontella</i> sp2	Prisma na base elíptica (vista da cintura)	2743946	210230
Coscinodiscophyceae	<i>Proboscia alata</i> var1 (Brightwell) Sundström	Cilindro na vista da cintura	649426	59303
Coscinodiscophyceae	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström	Cilindro na vista da cintura	37326485	1850631
Coscinodiscophyceae	<i>Rhizosolenia</i> sp.	Cilindro na vista da cintura	4258822	382203
Coscinodiscophyceae	<i>Rhizosolenia styliiformis</i> T.Brightwell	Cilindro na vista da cintura	5888173	476349
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>hyalina</i> (Grunow) Gran	Cilindro	1466177	153615
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp1	Cilindro	1372375	152805
Coscinodiscophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp3	Cilindro	2747200	244102
Cyanophyceae	<i>Synechocystis</i> sp4	Esfera	450	176
Cyanophyceae	<i>Synechocystis</i> sp1	Esfera	572891	185996
Cyanophyceae	<i>Synechococcus</i> sp.	Esferoide Prolado	49923	17707
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	Esfera	3965397	479628
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i> f. <i>rhombrica</i> P.Schulz	Esfera	3990403	441936

ANEXO 2. Continuação

Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> sp2	Meia esfera	206	66
Dinophyceae	<i>Amphisolenia globifera</i> Stein	Esferoide Prolado + 2 Cilindros	4981544	611647
Dinophyceae	<i>Corythodinium</i> sp.	Cone Duplo	6059925	612891
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> sp2	Esferoide Prolado/elipsoide	422426	50260
Dinophyceae	<i>Gonyaulax birostris</i> Stein	Cone Duplo	1574527	188500
Dinophyceae	<i>Gonyaulax</i> cf. <i>jolliffei</i> Murray & Whitting	Cone Duplo	399207	49388
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i> H.W.Graham	Esferoide Prolado	10311097	1351289
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>sanguineum</i> K.Hirasaka	Esferoide Prolado/elipsoide	20044016	2142126
Dinophyceae	<i>Gymnodinium coeruleum</i> H.W.Graham	Esferoide Prolado	22040522	2143716
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp1	Esferoide Prolado	61911017	7190163
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp3	Esferoide Prolado	1680009	190665
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp4	Esfera	4336969	796474
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp5	Esfera	47042	7882
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp6	Esferoide Prolado	542019	136226
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp7	Esfera	7232531	1363940
Dinophyceae	<i>Neoceratium azoricum</i> (Cleve) F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	142016	18059
Dinophyceae	<i>Neoceratium</i> cf. <i>teres</i> (Kofoid) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	252246	30807
Dinophyceae	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	1997711	250074
Dinophyceae	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Cone Duplo	1929461	222776
Dinophyceae	<i>Neoceratium hircus</i> (Schröder) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	1607677	210060
Dinophyceae	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	15509110	1917049
Dinophyceae	<i>Neoceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	4324796	551125
Dinophyceae	<i>Neoceratium</i> sp1	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	116905	14964
Dinophyceae	<i>Neoceratium teres</i> (Kofoid) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	433629	51511
Dinophyceae	<i>Neoceratium tripos</i> var. <i>tripodioides</i> (Jörg.) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia	Elipsoide + Cilindro + 2 Cones	1738818	197196

ANEXO 2. Continuação

Dinophyceae	<i>Oxytoxum robustum</i> Kofoed & Michener	Cone Duplo	808794	92492
Dinophyceae	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting	Esferoide Prolado	5183628	549219
Dinophyceae	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein	Cone Duplo	553706	70429
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> sp2	Cone Duplo	101611	13721
Dinophyceae	<i>Podolampas elegans</i> Schütt	Cone	425955	50655
Dinophyceae	<i>Podolampas palmipes</i> Stein	Cone	539961	65674
Dinophyceae	<i>Podolampas spinifera</i> Okamura	Cone	555473	71515
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> cf. <i>acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	Cilindro + 2 cones	8269462	1108016
Euglenophyceae	<i>Eutreptia</i> sp1	Cone + Cilindro	7226135	898147
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp1	Esferoide Prolado	12127	1782
Euglenophyceae	<i>Eutreptiella</i> sp.	Esferoide Prolado	420993	57596
Euglenophyceae	<i>Eutreptia</i> sp2	Esferoide Prolado	226759	36655
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas</i> sp3	Esferoide Prolado	8847	1685
Fragilariophyceae	<i>Asterionellopsis</i> sp.	Paralelepípedo ou Caixa retangular	10244430	1270242
Fragilariophyceae	<i>Bleakeleya notata</i> (Grunow) Round in Round, Crawford & Mann	Paralelepípedo ou Caixa retangular	534750	50676
Fragilariophyceae	<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) G.W.Andrews	Prisma na base elíptica	42510	7493
Fragilariophyceae	<i>Grammatophora flexuosa</i> Grunow in Van Heurck	Paralelepípedo ou Caixa retangular	2469141	219301
Fragilariophyceae	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	Paralelepípedo ou Caixa retangular	737616	76499
Fragilariophyceae	<i>Lioloma</i> cf. <i>pacificum</i> (Cupp) Hasle in Hasle & Syvertsen	Paralelepípedo ou Caixa retangular	91513	9912
Fragilariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle in Hasle & Syvertsen	Paralelepípedo ou Caixa retangular	1187960	92202
Fragilariophyceae	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing	Paralelepípedo ou Caixa retangular	549766	78083
Fragilariophyceae	<i>Rhabdonema</i> cf. <i>adriaticum</i> Kützing	Paralelepípedo ou Caixa retangular	120915	20391
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp1	Prisma na base elíptica	285100	41968
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp2	Prisma na base elíptica	9179760	1137691
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp3	Paralelepípedo ou Caixa retangular	49802	7238
Fragilariophyceae	<i>Synedra</i> sp4	Paralelepípedo ou Caixa retangular	277144	34133
Fragilariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	Paralelepípedo ou Caixa retangular	2753326	463221
Fragilariophyceae	<i>Thalassionema</i> sp2	Paralelepípedo ou Caixa retangular	20639	3451

ANEXO 2. Continuação

Fragilariophyceae	<i>Thalassionema</i> sp3	Paralelepípedo ou Caixa retangular	49356	8918
Fragilariophyceae	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grunow) Grunow	Paralelepípedo ou Caixa retangular	72524933	6882433
Fragilariophyceae	<i>Toxarium undulatum</i> J.W.Bailey	2 Cilíndrico + Prisma Elíptico	5741261	396130
Mamiellophyceae	<i>Micromonas</i> sp1	Esferoide Prolado	3775	1375
Mamiellophyceae	cf. <i>Micromonas</i> sp2	Esferoide Prolado	287161	66330
Nephrophyceae	<i>Nephroselmis rotunda</i> (N.Carter) Fott	Esfera	768626	110904
Nephrophyceae	<i>Nephroselmis</i> cf. <i>rotunda</i> (N.Carter) Fott	Esfera	179146	40586
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp5	Cone Duplo	363842	51678
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp1	Elipsoide flattened (d1=12; d2=10) ou Elipsoide	706668	92872
Noctiluca	<i>Pronoctiluca</i> sp3	Elipsoide H=1/2L	3116510	394607
Pedinophyceae	cf. <i>Resutor</i>	Esfera	102936	21277
Pyramimonadophyceae	<i>Pyramimonas</i> cf. <i>grossii</i> Parke	Cone	65561	16904
Pyramimonadophyceae	<i>Pyramimonas</i> sp.	Esfera	13614	3324